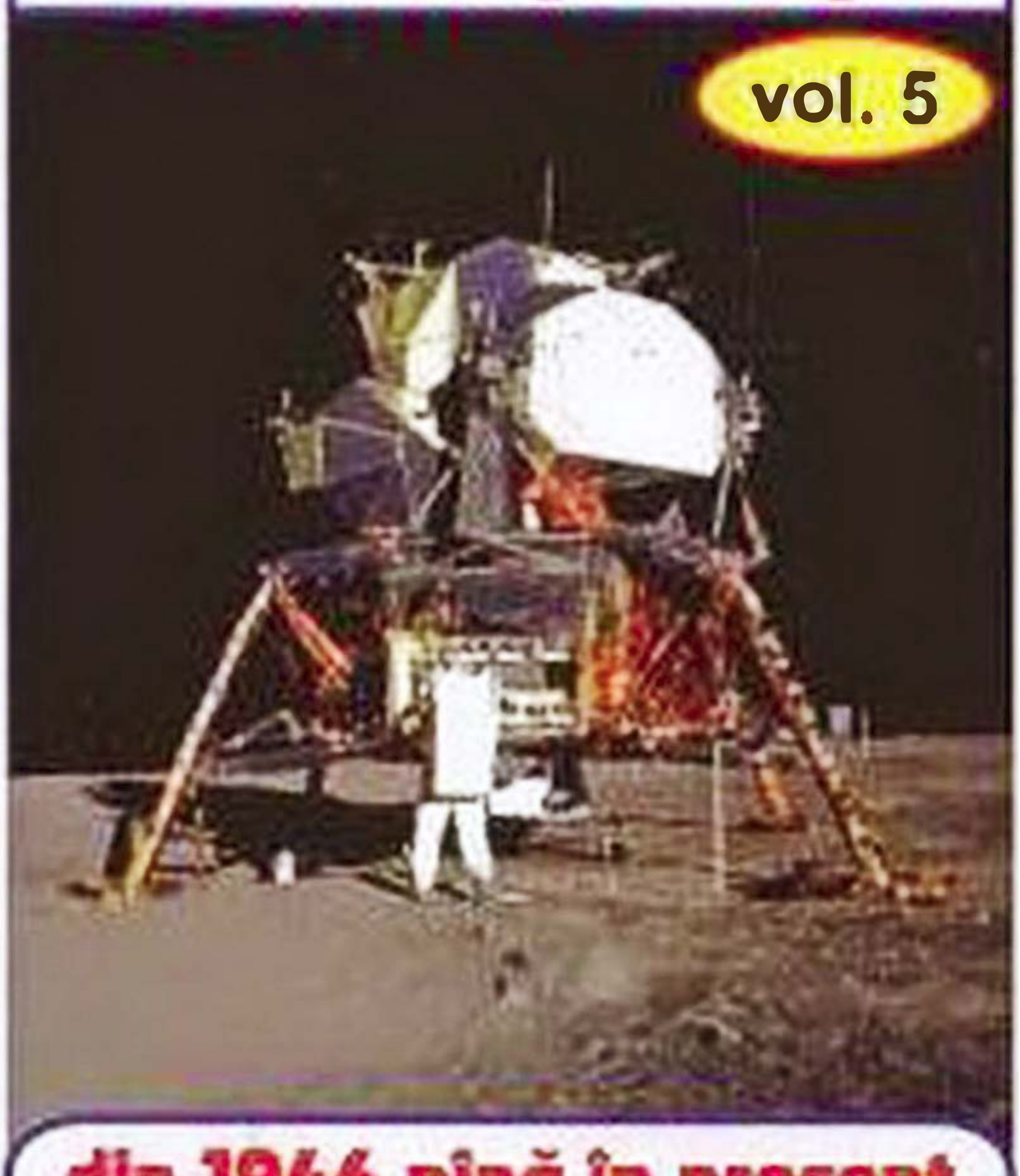
ISTORIA ȘTIINȚEI

vol. 5



din 1946 până în prezent

Ray Spangenburg și Diane K. Moser

SERIA CULTURĂ GENERALĂ 32

În 1676, Isaac Newton i-a scris lui Robert Hooke: *Dacă am văzut mai departe, este pentru că am stat pe umerii giganților.* Într-adevăr, *Istoria Științei* reprezintă o cronică a descoperirilor geniale întemeiate pe ideile predecesorilor. Cercetătorii din zilele noastre au dat din nou glas cuvintelor lui Newton, punînd accentul pe datoria avută de fiecare generație față de înaintaşi.

În cadrul acestei lucrări alcătuită din cinci volume sînt prezentați, în ordine cronologică, aceşti „giganți" şi realizările lor, modul în care au evoluat conceptele despre lumea fizică, de la filozofia antică la ştiința supertehnicizată de astăzi.

ISTORIA ŞTIINȚEI – secolul XX, a cincea din serie, aduce în discuție cele mai importante progrese ale ştiinței, din perioada celui de-al doilea război mondial şi pînă în zilele noastre, subliniind tendința din ce în ce mai pronunțată de specializare în multiple domenii şi de utilizare a informaticii în cercetare. De la studierea particulelor subatomice la misiunile de explorare a spațiului, ştiința şi-a lărgit semnificativ orizonturile.

Amplu ilustrat prin fotografii şi desene, acest volum analizează schimbarea produsă, în timp, la nivelul atitudinii față de ştiință. Astfel, progresele extraordinare înregistrate pe parcursul secolului XX au atras uneori oprobiul public din cauza pericolelor pe care le implică acestea, precum amenințările cu declanşarea unui război nuclear, scurgerile de reziduuri, accidentele industriale şi deteriorarea stratului de ozon.

O serie deosebit de valoroasă, care trebuie să se afle în biblioteca oricărei persoane însetate de cunoaştere.

EDITURA LIDER
EDITURA CARTEA PENTRU TOȚI

5 948390 000185

RAY SPANGENBURG şi DIANE K. MOSER

ISTORIA ŞTIINȚEI

vol. 5

din 1946 pînă în prezent

Traducere: CONSTANTIN DUMITRU-PALCUS

EDITURA LIDER
EDITURA CARTEA PENTRU TOȚI

PROLOG

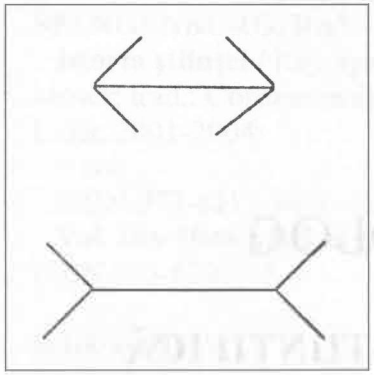
METODA ŞTIINŢIFICĂ

...ochii ni s-au deschis.. nu ne mai putem întoarce niciodată la vechea viziune asupra lumii.. Dar în fiecare revoluţie a gîndirii ştiinţifice, cuvinte noi sînt atribuite vechii muzici, iar ceea ce a dispărut mai devreme nu este distrus, ci readus în centrul atenţiei.

A. S. Eddington

Ce este ştiinţa? Prin ce diferă ea de alte tipuri de gîndire? Şi ce fel de oameni sînt savanţii? Cum gîndesc şi ce vor să spună ei cînd discută despre „activitatea ştiinţifică"?

Ştiinţa nu înseamnă numai eprubete sau aparate ciudate. Şi nici doar broaşte disecate ori denumiri de specii vegetale. Ştiinţa este un mod de gîndire, o modalitate vitală – în permanentă evoluţie – de a privi lumea. Este o modalitate de a descoperi cum funcţionează lumea – o modalitate aparte, care foloseşte un set de reguli închipuite de oamenii de ştiinţă pentru a-i ajuta totodată să-şi descopere propriile greşeli.



Aparenţele pot fi înşelătoare: aceste două linii au aceeaşi lungime

Oricine ştie cît este de uşor să greşim cu privire la ceea ce vedem, auzim sau percepem într-un fel sau altul. Dacă nu sînteţi convinşi, priviţi cele două linii orizontale din figura de mai sus. Prima arată ca o săgeată bi-direcţională. Cealaltă are vîrfurile săgeţilor inversate. Care dintre ele credeţi că este mai lungă (fără să includeţi şi vîrfurile săgeţilor)? Acum măsuraţi-le pe amîndouă. Întocmai, cele două linii au exact aceeaşi lungime. Deoarece este atît de uşor să ne înşelăm cînd facem observaţii şi tragem concluzii, oamenii au pus la punct un sistem, numit „metodă ştiinţifică", pentru întrebarea „Cum pot să fiu sigur?" Dacă v-aţi da osteneala ca într-adevăr să măsuraţi cele două linii din exemplul nostru, în loc să ne credeţi pe cuvînt că liniile au aceeaşi lungime, atunci înseamnă că gîndiţi ca un om de ştiinţă. Şi anume, vă testaţi propriile observaţii. Verificaţi informaţia pe care v-am dat-o, conform căreia cele două linii „au exact aceeaşi lungime", folosindu-vă în acest scop de unul dintre cele mai puternice instrumente ale ştiinţei: cuantificarea sau măsurarea liniilor.

Cu circa 2400 de ani în urmă, filozoful grec Aristotel

a afirmat că atunci cînd două obiecte de greutăţi diferite sînt lăsate să cadă de la o anumită înălţime, cel mai greu va lovi primul solul. Era o argumentaţie de bun-simţ. În definitiv, oricine doreşte să facă un test poate face o „observaţie" şi să constate că dacă laşi să cadă simultan o frunză şi o piatră, piatra va ateriza prima. Încercaţi şi singuri în camera dumneavoastră, cu o foaie de hîrtie şi un prespapier. Totuşi, nu mulţi au fost grecii care au făcut un asemenea test. De ce să se mai complice cînd răspunsul era deja cunoscut? Şi, fiind ei nişte filozofi care credeau în puterea minţii umane de a *rezolva prin raţionament* astfel de probleme, fără a mai fi nevoie să recurgă la „teste", au considerat că o asemenea îndeletnicire ar fi inacceptabilă din punct de vedere intelectual şi social.

Cîteva secole mai tîrziu, Galileo Galilei, un italian genial căruia îi plăcea să rezolve singur problemele care îl preocupau, a făcut totuşi nişte teste. Asemenea oamenilor de ştiinţă de azi, el nu s-a mulţumit să observe obiectele în cădere. Folosindu-se de două bile de greutăţi diferite, de un dispozitiv de măsurare a timpului şi de un plan înclinat, sau o rampă, el a lăsat bilele să se rostogolească pe rampă şi le-a *măsurat* atent mişcarea. Şi a făcut asta nu o dată, ci de mai multe ori, înclinînd planul la diferite unghiuri. Rezultatele obţinute de el, care şi astăzi continuă să agreseze bunul-simţ al multor oameni, demonstrează că, dacă neglijăm rezistenţa aerului, toate obiectele lăsate să cadă de la aceeaşi înălţime vor ajunge la sol în acelaşi timp. Într-un vid perfect (care nu putea fi creat pe vremea lui Galilei), toate obiectele ar cădea cu aceeaşi viteză! Puteţi efectua şi singuri un test aproximativ în acest sens (deşi nu este în nici un caz un experiment precis), mototolind o

foaie de hîrtie şi dîndu-i drumul să cadă în acelaşi timp cu prespapierul.

Experimentele lui Galilei (pe care le-a consemnat meticulos, pas cu pas) şi concluziile pe care le-a tras pe baza acestor experimente demonstrează un alt atribut important al ştiinţei. Oricine doreşte poate duplica experimentul şi poate chiar verifica rezultatele sau, căutînd erori ori deficienţe ale experimentului, să demonstreze că acesta este eronat, parţial sau în întregime. Nimeni nu a demonstrat vreodată că Galilei s-a înşelat. Şi după mulţi ani, cînd a fost posibil să se creeze incinte vidate (deşi experimentele sale au fost de-ajuns de corecte ca să convingă pe toată lumea cu mult înainte de asta), concluziile sale au trecut proba testelor.

Galilei a arătat nu doar că Aristotel s-a înşelat. El a demonstrat cum, prin observaţie, experiment şi cuantificare, Aristotel, dacă ar fi dorit, ar fi putut să-şi dovedească sieşi că s-a înşelat – şi în felul acesta să-şi schimbe opinia! Mai înainte de orice, metoda ştiinţifică este o modalitate de a te împiedica să te amăgeşti – sau să îngădui naturii (ori altora) să te amăgească.

Firesţe, ştiinţa înseamnă mai mult decît observaţie, experiment şi prezentarea rezultatelor. Nimeni nu mai poate citi azi un ziar sau o revistă fără să înţeleagă rapid că ştiinţa debordează de „teorii". „Un astronom de la Observatorul X a găsit noi dovezi care pun sub semnul întrebării Teoria Relativităţii", spune o revistă. „Sistemul şcolar din statul Y condamnă cărţile care acceptă fără nici un dubiu Teoria Evoluţionistă a lui Darwin", relatează un ziar. „Rezultate noi şi bizare ale teoriei cuantice spun că s-ar putea ca noi să nu existăm!", strigă o altă publicaţie. Ce e cu chestia asta numită *teorie?*

Puţini oameni de ştiinţă mai pretind azi că folosesc „metoda ştiinţifică" complet „detaşată" şi obiectivă propusă de filozoful Francis Bacon şi de alţii în zorii revoluţiei ştiinţifice din secolul al XVII-lea. Această „metodă", în forma ei cea mai simplă, sugerează că, în încercarea de a răspunde la întrebările puse de natură, cel care cercetează secretele naturii trebuie ca, obiectiv şi fără prejudecăţi, să observe, să experimenteze şi să adune datele despre fenomene. „Nu fac nici un fel de ipoteză", anunţa Isaac Newton după ce a demonstrat legea universală a gravitaţiei, atunci cînd s-a sugerat că el ar putea să aibă măcar o idee despre *ce este gravitaţia.* Istoricii au remarcat că, de fapt, Newton avea cîteva idei, sau „ipoteze", cu privire la posibila natură a gravitaţiei, dar în general le-a ţinut numai pentru sine. Din punctul de vedere al lui Newton, se făcuseră deja prea multe ipoteze şi prea puţină atenţie se acordase adunării atente a faptelor şi cifrelor verificabile.

Cu toate acestea, astăzi ştim că oamenii de ştiinţă nu respectă întotdeauna căile simple şi limpezi trasate de „metoda ştiinţifică". Uneori, fie înainte, fie după desfăşurarea experimentelor, un savant are o idee sau o „intuiţie" (cu alte cuvinte, o ipoteză nu tocmai bine pusă la punct) care sugerează o nouă abordare sau o cale diferită de rezolvare a problemei. Atunci respectivul om de ştiinţă va desfăşura experimentele şi va aduna date în încercarea de a demonstra sau de a contesta această ipoteză. Una dintre marile diferenţe dintre ipoteza omului de ştiinţă şi cea a omului obişnuit este aceea că, pentru ca o ipoteză ştiinţifică să fie valabilă, ea trebuie să fie „falsificabilă". Cu alte cuvinte, ea trebuie să înglobeze o anumită modalitate prin care să se poată dovedi că e adevărată – sau falsă, dacă este falsă.

Nu toţi oamenii de ştiinţă desfăşoară ei înşişi experimentele. De exemplu, majoritatea teoreticienilor îşi expun argumentaţia cu ajutorul matematicii. Dar ipotezele, pentru a fi luate în serios de comunitatea ştiinţifică, trebuie să conţină întotdeauna semînţele „falsificabilităţii" prin experiment şi observaţie.

Pentru a deveni teorie, o ipoteză trebuie să treacă prin mai multe teste. Trebuie să fie verificată prin experimente, efectuate nu doar de un singur savant care desfăşoară experimentele sau face observaţiile, ci şi de alţii care efectuează independent alte experimente. Abia cînd a fost consolidată de numeroase încercări şi evaluări, ipoteza poate fi adusă la cunoştinţa comunităţii ştiinţifice, sau a lumii în general, ca „teorie".

Este important să reţinem că pînă şi o teorie poate fi supusă „falsificării" sau corecţiei. O bună teorie, de exemplu, va face „predicţii" – evenimente pe care cei care o verifică le pot căuta pentru a-i testa valabilitatea. Pînă cînd teorii bine cunoscute, precum teoria relativităţii a lui Einstein sau teoria evoluţionistă a lui Darwin, să ajungă în manuale, ele au supravieţuit unei game întregi de verificări pînă la limita la care au devenit instrumente de lucru productive pentru alţi oameni de ştiinţă. Dar în ştiinţă nici o teorie nu poate fi acceptată ca fiind complet „demonstrată". Ea trebuie să rămînă mereu deschisă verificărilor şi cercetărilor ulterioare pe măsură ce apar noi fapte şi observaţii. Tocmai această calitate a ştiinţei de a se autocorecta o face să fie în acelaşi timp cea mai dificilă şi cea mai productivă dintre tentativele omenirii de a înţelege cum funcţionează natura. Acest tip de gîndire critică constituie elementul-cheie al activităţii ştiinţifice.

Versiunea caricaturală a omului de ştiinţă portretizat ca un individ rigid, cu ochelari, îmbrăcat în halat alb, sigur pe infailibilitatea sa, este cît se poate de departe de adevăr. Oamenii de ştiinţă, atît bărbaţii, cît şi femeile, sînt oameni ca şi noi, de toate rasele, dimensiunile corporale şi înfăţişările, cu sau fără ochelari. Ca grup, întrucît metodologia lor se concentrează atît de mult pe descoperirea erorilor şi pe gîndirea critică, ei sînt probabil mai conştienţi decît noi, ceilalţi, de cît de uşor este să te înşeli. Dar le place să aibă dreptate ori de cîte ori este posibil şi le place să acţioneze întru găsirea răspunsurilor corecte la întrebări. De obicei, acesta este motivul pentru care devin oameni de ştiinţă.

INTRODUCERE

DIN 1946 PÎNĂ ÎN ULTIMUL DECENIU AL SECOLULUI AL XX-LEA: CĂUTAREA CONTINUĂ

Anul 1945 a reprezentat un moment de mare bucurie şi, totodată, de tristeţe. Un război îngrozitor se terminase în sfîrşit – un război mondial care ucisese milioane de evrei, distrusese o mare parte din Europa, destrămase mari părţi din Asia şi din Pacific, decimase două oraşe din Japonia şi omorîse milioane de alţi soldaţi şi civili. În sfîrşit, omenirea putea să răsufle uşurată şi să se întoarcă la treburile curente ale vieţii. Iar savanţii se puteau întoarce la ştiinţă.

Dar ambianţa politică în care lucrau nu era una paşnică, iar starea psihică a omenirii după nenorocirile celui de-al doilea război mondial era profund zdruncinată. Bomba atomică, cu enorma ei capacitate distructivă şi consecinţele ei mortale datorate radiaţiilor, fusese folosită şi lumea nu putea scăpa de noile nelinişti provocate de existenţa bombei. În 1949, Uniunea Sovietică, cu politica ei declarat agresivă,

testase o bombă atomică şi între Statele Unite şi Uniunea Sovietică a început o cursă a înarmărilor. În Statele Unite, unii au început să-şi construiască în curte adăposturi împotriva bombelor, iar exerciţiile de apărare antiaeriană s-au păstrat în rutina şcolilor publice pînă în anii cincizeci. În Europa de Est, Uniunea Sovietică a instaurat aşa-zisa „cortină de fier", o politică a uşilor închise caracterizată printr-o atitudine necooperantă, prin anularea libertăţii de a călători şi a schimburilor economice. Aşadar, o dată cu sfîrşitul celui de-al doilea război mondial, a început aproape imediat un conflict de o nouă factură, numit războiul rece.

În 1950 a izbucnit un război în momentul în care trupele nord-coreene, susţinute de China comunistă, au invadat Coreea de Sud, care era apărată de trupele ONU. Perioada anilor '50 şi '60 a fost marcată de numeroase războaie civile şi lovituri de stat în America de Sud şi Africa, în multe cazuri acestea fiind încurajate de către Uniunea Sovietică sau Statele Unite. În a doua jumătate a secolului, fostele colonii din Africa, Asia şi America Latină şi-au cîştigat independenţa, în cea mai mare parte fără vărsare de sînge. Dar multe dintre ele – cum ar fi Cuba, Tibet, Coreea de Nord şi mai multe ţări latino-americane – au înlocuit dominaţia colonială cu supunerea faţă de Uniunea Sovietică sau China comunistă. Iar în 1962, întreaga planetă a urmărit cu sufletul la gură momentele în care Statele Unite au obligat Uniunea Sovietică să recunoască existenţa unor baze pentru rachete în Cuba, la doar 90 de mile de coasta Floridei – şi a răsuflat uşurată atunci cînd Uniunea Sovietică a dat înapoi. După numai cîteva luni, cele două guverne au instalat un „fir roşu" între Moscova şi Washington pentru reducerea riscului unui război accidental între cele două ţări.

Pentru ştiinţă, această atmosferă de neliniştc a avut efecte atît pozitive, cît şi negative. Schimbul liber de idei, teorii şi rezultate între oamenii de ştiinţă – pentru care s-a luptat atît de mult de-a lungul secolelor – a încetat o dată cu întreruperea comunicaţiilor dintre Uniunea Sovietică şi Occident. Ziarele, revistele şi cărţile sovietice nu se puteau găsi în Occident şi nici viceversa. Călătoriile între cele două regiuni au fost drastic limitate. Dar, ca un aspect pozitiv, Statele Unite, Europa şi Anglia au recunoscut din timp necesitatea de a ţine pasul cu progresele sovieticilor. Şi, mai ales în Statele Unite, tradiţia iniţiată de savanţii care construiseră bomba atomică în timpul Proiectului Manhattan a fost continuată după război de colegii lor, care au îmbinat cercetarea pentru lărgirea orizontului cunoaşterii cu nevoia de a construi arme şi aparatură militară avansată pentru guvernele lor.

La un moment dat, însă, lumea ştiinţifică occidentală a primit un şoc puternic. Pe 4 octombrie 1957, ruşii au lansat *Sputnik I*, primul satelit artificial, pe o orbită circumterestră. Nici o altă ţară nu era nici pe departe pregătită să lanseze ceva pe orbită, exceptînd Statele Unite, unde specialiştii în tehnologia rachetelor aduşi din Germania după cel de-al doilea război mondial începuseră să lucreze asiduu atît la realizarea unor rachete militare, cît şi la primele proiecte timide ale unui program spaţial civil. Dintr-o dată, matematica şi ştiinţa au ocupat un loc central. Îndemnaţi de competiţia cu ruşii, diriguitorii învăţămîntului occidental au pus din nou accentul pe formarea de tineri savanţi, în vreme ce în Statele Unite, precursoarea Administraţiei Naţionale pentru Aeronautică şi Spaţiu se străduia să recupereze handicapul. Pînă în 1961, şi Uniunea

Sovietică şi Statele Unite trimiseseră în spaţiul cosmic mai mulţi oameni (sovieticii avînd din nou întîietate), iar în 1961 preşedintele John F. Kennedy a anunţat planul de a trimite americani pe Lună. La cursa înarmărilor, cele două naţiuni au adăugat cursa spre Lună şi Epoca Spaţială a început cu toată seriozitatea.

Pentru savanţii planetari şi astronomi, beneficiul a fost enorm. Între 1958 şi 1976, oamenii de ştiinţă au trimis 80 de misiuni spre Lună, 8 dintre ele avînd echipaj uman. În urma acestor misiuni s-au obţinut cantităţi enorme de informaţii, inclusiv primele fotografii de pe partea nevăzută a Lunii. Au urmat sondele către Venus, Mercur, Marte şi planetele exterioare mai îndepărtate, trimise atît de la Cape Canaveral (redenumit ulterior Cape Kennedy), cît şi din „Oraşul Stelelor" rusesc. Aceşti roboţi rătăcitori au trimis spre pămînt semnale radio conţinînd fotografii şi date care au revoluţionat înţelegerea de către oameni a Sistemului Solar şi a universului de dincolo de acesta.

În 1971, Uniunea Sovietică a început un maraton de experimente în legătură cu viaţa în spaţiul cosmic într-o serie de staţii spaţiale, culminînd cu staţia spaţială Mir, lansată în 1986. În acelaşi timp, Statele Unite au trimis şi ele trei echipe de astronauţi în intervalul 1973–1974 la staţia spaţială Skylab, avînd drept scop studierea Soarelui. Iar începînd cu 1982, Statele Unite au lansat o adevărată flotă de vehicule orbitale, aşa-numitele navete spaţiale. Pe lîngă lansarea unui mare număr de sateliţi cu misiuni dintre cele mai diverse (ştiinţifice, militare sau de afaceri), programele spaţiale ale celor două ţări au colectat informaţii preţioase despre efectele imponderabilităţii asupra organismelor vii (inclusiv asupra oamenilor), formarea cristalelor, precum

şi din nenumărate alte domenii de interes. În deceniul al nouălea, multe alte ţări, printre care China, Japonia şi India, şi-au dezvoltat capacitatea de a lansa sateliţi şi propriile programe spaţiale.

Toate acestea, într-un fel, au fost consecinţe pozitive ale războiului rece. Căci o dată cu încheierea războiului rece în 1989 şi după destrămarea Uniunii Sovietice din 1991, o parte din motivaţia faţă de interesul pentru explorarea spaţiului cosmic s-a disipat. Staţia spaţială Mir şi-a continuat activitatea cu mare dificultate la începutul ultimului deceniu, iar Congresul American a redus fondurile pentru o staţie spaţială internaţională denumită Freedom, care încă nu a fost construită. Într-o perioadă în care Rusia şi vecinii săi se străduiau să edifice noi sisteme economice şi noi forme de guvernare, dezvoltarea ştiinţei a început să rămînă pe plan secund.

În acelaşi timp, pe savanţii din lumea întreagă i-a entuziasmat posibilitatea de a comunica şi de a colabora liber cu oamenii de ştiinţă din Rusia şi din alte ţări de după Cortina de Fier. Ca o ironie, noul flux de informaţii a venit într-o perioadă de reducere a fondurilor.

Iar unul dintre aspectele care au marcat profund dezvoltarea ştiinţei în a doua jumătate a secolului al XX-lea a fost creşterea costurilor. Duse erau vremurile cînd Galilei, în secolul al XVII-lea, putea să audă despre un nou instrument, să-şi adune materialele necesare şi să-şi construiască propriul telescop, după care să facă observaţii astronomice despre care nimeni nu mai auzise pînă atunci. Începînd cu anul 1945 a venit epoca Marii Ştiinţe. Fizica particulelor, studiul particulelor subatomice, nu se putea efectua decît cu ajutorul unor maşini gigantice, acceleratoarele de particule, care au început să fie construite, unul după altul,

la Stanford şi Berkeley, California, la Batavia, Illinois, la Geneva, în Elveţia, precum şi în alte locuri. În vreme ce Europa făcea eforturi să-şi revină de pe urma distrugerilor războiului, majoritatea activităţilor de pionierat s-a desfăşurat în Statele Unite, unde s-au strîns fizicieni din Japonia, China şi Europa.

Numai universităţile şi instituţiile bine înzestrate, cu ajutorul fondurilor guvernamentale, îşi puteau permite să construiască aceste instalaţii uriaşe. Industria computerelor şi a materialelor semiconductoare a demarat energic în urma progreselor făcute de fizicieni şi ingineri – descoperiri privind comportamentul electronilor şi mecanica cuantică; descoperirea tranzistorului de către o echipă de savanţi de la Laboratoarele Bell (din nou, în urma unor cercetări finanţate de o mare corporaţie şi nu ca urmare a efortului individual al unei minţi curioase). Iar primul computer comercial pus în funcţiune a fost UNIVAC I, o maşină uriaşă, construită în 1951 şi achiziţionată de Biroul pentru Recensăminte al Statelor Unite. Încă o dată, numai nevoile şi capacităţile financiare imense ale unui guvern au putut justifica şi finanţa începutul acestei activităţi specifice. (Astăzi, pentru o sumă mai mică de 600 de dolari, orice persoană îşi poate cumpăra un computer de mărimea unei serviete cu o capacitate de calcul mai mare decît UNIVAC I, care umplea o întreagă încăpere de mărimea unei săli de gimnastică.)

Perioada cuprinsă între 1945 şi zilele noastre a fost caracterizată de tulburări şi schimbări în care s-au împletit violenţa şi progresul social.

Drepturile şi libertăţile civile au devenit o problemă de interes mondial, iar unele progrese s-au făcut în Statele Unite în anii şaizeci sub conducerea lui Martin Luther King Jr. şi a altora, dar nu fără un cost uneori ridicat.

Martin Luther King a fost asasinat în 1968. Curtea Supremă a Statelor Unite a ordonat integrarea şcolilor în 1954, iar trupele federale au fost nevoite să intervină pentru aplicarea acestei prevederi în 1957 la Little Rock, Arkansas. În anii şaizeci, legislaţia drepturilor civile din Statele Unite a stabilit principiul oportunităţii egale pentru toţi cetăţenii în privinţa accesului la locurile de muncă şi la locuinţe. Iar în 1991, pînă şi Africa de Sud a renunţat la legile segregaţioniste şi a început integrarea şcolilor.

Perioada aceasta a fost totodată marcată de asasinate politice. Preşedintele John F. Kennedy şi fratele său, Robert F. Kennedy, au fost asasinaţi – John la Dallas, în 1963, iar fratele lui în noaptea în care a cîştigat alegerile prezidenţiale primare din California, patru ani şi jumătate mai tîrziu, în 1968. În India, liderul pacifist Mahatma Gandhi, care a condus cu succes India în lupta ei pentru independenţa faţă de Marea Britanie, a fost asasinat de către un fanatic în 1948. Extremiştii au lovit din nou, după aproape patruzeci de ani, în 1984, asasinîndu-l pe premierul Indira Gandhi (fără legătură de rudenie cu Mahatma Gandhi), iar şapte ani mai tîrziu, Rajiv Gandhi, care i-a succedat, a fost şi el asasinat. Alte asasinate, atentate cu bombe şi deturnări de avioane din lumea întreagă au avut darul să reflecte o atmosferă de tulburări. În acelaşi timp, însă, forţele militante pentru pace, independenţă naţională şi autoguvernare au avut de multe ori cîştig de cauză.

Lupta pentru procesul democratic şi autoguvernare a cunoscut fluctuaţii, cu cîteva schimbări semnificative care au însoţit destrămarea Uniunii Sovietice. În 1986, Corazón Aquino a fost aleasă preşedinte în Filipine, punînd capăt unei perioade de 15 ani de lege marţială şi 20 de ani de guvernare coruptă a lui Ferdinand Marcos. Germania s-a

reunificat în 1990 şi a organizat primele alegeri democratice într-o Germanie unită de la alegerile din 1932.

În acest timp, ştiinţa nu putea rămîne impasibilă faţă de toate aceste aspecte politice, sociale şi morale. Mulţi savanţi au luat poziţie după al doilea război mondial împotriva cursei aberante a înarmărilor, printre aceştia numărîndu-se Albert Einstein, a cărui sferă de influenţă este legendară, şi fizicianul danez Niels Bohr. Fizicianul sovietic Andrei Saharov, care a contribuit la construirea de către Uniunea Sovietică a bombei cu hidrogen, s-a pronunţat în anii 1967–1968 împotriva testării armelor nucleare în Uniunea Sovietică şi a militat pentru dezarmarea mondială – gest pentru care a fost pe nedrept discreditat, persecutat şi ameninţat. În cele din urmă, cînd şi-a permis să critice Uniunea Sovietică pentru invadarea Afganistanului, el şi soţia sa, Elena Bonner, au fost puşi sub arest la domiciliu. Situaţia a rămas neschimbată pînă în 1986, cînd spiritul crescînd al *glasnost*-ului a dus la eliberarea sa.

Pe măsură ce extinderea cunoaşterii creează noi teme de preocupare pentru etică şi impune luarea de noi decizii, ştiinţa se apropie de inima şi sufletul societăţii în multe privinţe. Este o roşie clonată mai bună decît o roşie naturală, sau ar trebui să fie considerată suspectă? Dacă organele donate pot salva vieţi, cînd şi în ce circumstanţe pot fi ele prelevate de la donatori? Ţinînd cont de accidentele nucleare de la Three-Mile Island (Pennsylvania) din 1979 şi de la Cernobîl (în apropierea capitalei ucrainene Kiev) din 1986, mai pot fi considerate sigure centralele electrice nucleare?

În a doua jumătate a secolului al XX-lea, ştiinţa a fost de multe ori privită atît ca erou, cît şi ca răufăcător. Pe de o parte, ştiinţa a permis progrese tehnologice imense – de la electricitate la compact discuri, de la automobile la

avioane şi la explorarea spaţiului cosmic, de la comunicaţiile prin satcliţi la faxuri –, iar pe de altă parte este învinuită pentru dispariţia „vieţii simple, naturale". Dar ciclurile continuă: descoperirile generează noi tehnologii, care la rîndul lor permit noi descoperiri, într-un şir de salturi spre viitor. Procesul necesită o nouă înţelegere a efectelor propriilor noastre activităţi, noi atitudini de grijă faţă de planeta noastră şi o nouă responsabilitate pentru efectele acţiunilor noastre asupra vecinilor – responsabilităţi pe care adesea precursorii noştri, cu „viaţa lor simplă", în care principalele activităţi se rezumau la tăierea pădurilor şi planificarea defectuoasă a culturilor, nu le-au înţeles.

A doua jumătate a secolului al XX-lea a fost o perioadă de explorare a celor mai fundamentale componente ale universului, a esenţei din care sînt alcătuite lucrurile. Leucip şi Democrit credeau că întreaga materie este compusă din atomi, pe care şi-i imaginau ca pe nişte particule minuscule, solide şi indivizibile. În secolul al XIX-lea, John Dalton a crezut să ştie ce este acela un atom: cea mai mică unitate a unui element chimic. Dar în ultimii ani ai secolului al XIX-lea, chimişti şi fizicieni ca Marie şi Pierre Curie şi Henri Becquerel au observat că atomii anumitor elemente păreau să degaje o parte din ei înşişi printr-un proces pe care astăzi îl numim dezintegrare radioactivă. Savanţii şi-au pus întrebarea: dacă un atom este indivizibil, cum poate degaja o parte din el însuşi? Era o evidentă contradicţie şi în primii ani ai secolului al XX-lea s-a pregătit terenul pentru schimbările revoluţionare în felul în care savanţii înţelegeau atomul. Mai întîi au fost descoperiţi electronii, urmaţi de un nucleu compus din protoni şi neutroni.

Dar pe la 1945, explorarea noii lumi din interiorul

atomului abia începuse. Astăzi, circa 100 de particule subatomice sînt cunoscute, şi despre multe altele se crede că ar exista. Povestea descoperirii lor ar putea fi comparată cu o intrigă poliţistă complicată şi palpitantă, care a preocupat cele mai luminate minţi ale secolului.

În acelaşi timp, uriaşele progrese tehnologice din industria rachetelor şi ştiinţa spaţiului cosmic au permis astronomilor, cosmologilor şi specialiştilor în ştiinţele planetare să exploreze universul mai îndeaproape decît Galilei, Kepler sau oricare alt mare observator din trecut ar fi putut visa că este posibil.

Pe de altă parte, în ştiinţele vieţii, cercetătorii s-au întrecut în descoperirea structurii constituenţilor fundamentali care controlează formele de viaţă. În 1946 se ştia deja de doi ani că arhitectul suprem al făpturilor vii era o moleculă cunoscută sub numele de acidul dezoxiribonucleic, sau ADN – o substanţă complet necunoscută înainte de prima jumătate a secolului al XX-lea. Iar structura acestuia a continuat să rămînă un mister la începutul celei de-a doua jumătăţi a secolului. Dar în scurt timp va fi descoperită de către James Watson şi Francis Crick, şi noul domeniu al biologiei moleculare avea să devină vîrful de lance al ştiinţelor vieţii pentru restul secolului.

Astăzi sînt activi tot atîţia oameni de ştiinţă cîţi au existat în întreaga istorie a ştiinţei. În 1987, circa 264 900 de studenţi şi-au luat doctoratele în ştiinţă sau inginerie de la universităţile americane. Şi peste 103,9 miliarde de dolari au fost cheltuiţi cu cercetarea şi dezvoltarea în 1988 în Statele Unite, prin comparaţie cu numai 62,4 miliarde de dolari în 1970, la valoarea constantă a dolarului din 1982. Sute de specialităţi din domenii de vîrf, ca tehnologia

informaţională şi microbiologia, astrofizica şi fizica particulelor, atrag tinerii însetaţi de cunoaştere.

În această scurtă carte va fi posibil să explorăm doar *unele* dintre extraordinarele descoperiri din a doua jumătate a secolului al XX-lea – în lumina exploziei noilor descoperiri şi a întrebărilor incitante apărute în fiecare zi. La sfîrşitul acestui volum am sugerat cîteva cărţi pentru o explorare mai detaliată, precum şi alte surse informative, cum ar fi reviste şi organizaţii. Sperăm să le consultaţi şi pe acestea pentru a descoperi singuri o parte din complexitatea fascinantă şi din întrebările încîntătoare pe care le pune universul în care trăim. Căci ştiinţa ne oferă tuturor, fie că avem sau nu de a face direct cu ştiinţa, o fereastră specială asupra lumii care ne îngăduie să vedem şi să înţelegem pe căi care altfel ne-ar fi inaccesibile. Este o modalitate deosebită şi unică de gîndire, specifică omului.

Această carte, ca şi celelalte volume din seria intitulată *Pe umerii giganţilor*, analizează felul în care oamenii au pus la punct un sistem pentru deslușirea modului în care funcţionează lumea, folosindu-se atît de succese, cît şi de eşecuri. Vom cerceta teoriile pe care aceşti oameni le-au susţinut, uneori corecte, alteori eronate, precum şi felul în care am învăţat să testăm, să acceptăm şi să construim pe baza acelor teorii – ori să le corectăm, să le extindem sau să le simplificăm.

Vom vedea, de asemenea, cum savanţii au învăţat din greşelile altora, uneori fiind nevoiţi să renunţe la teorii care păreau logice cîndva, dar ulterior s-au dovedit incorecte, înşelătoare sau infructuoase. În toate aceste privinţe, ei au construit pe umerii altor oameni de ştiinţă – giganţii care i-au precedat.

PARTEA I

ŞTIINŢELE FIZICE DIN 1946 PÎNĂ ÎN ULTIMUL DECENIU AL SECOLULUI AL XX-LEA

CAPITOLUL I

LUMEA SUBATOMICĂ: UN IMENS FURNICAR DE PARTICULE

Sub curbura lungă a magistralei rutiere Interstate 280 din peninsula San Francisco, o clădire lungă de patru mile traversează coamele line ale dealurilor Los Gatos. Majoritatea oamenilor nici nu văd construcția banală din beton atunci cînd trec pe deasupra ei, iar atunci cînd o văd, nu sesizează extraordinara ei lungime și nici n-au cum să sesizeze milioanele de electroni care gonesc prin tunele cu o viteză care face ca vehiculele de deasupra să pară că se mișcă cu încetineala melcului. Această risipă de beton brun ce se întinde peste tufișurile de manzanita și pantele acoperite de iarbă nu are un aspect remarcabil, chiar și pentru cei care o observă totuși, exceptînd faptul că este cu mult mai lungă decît clădirile normale și nu are nici colțuri, nici curburi.

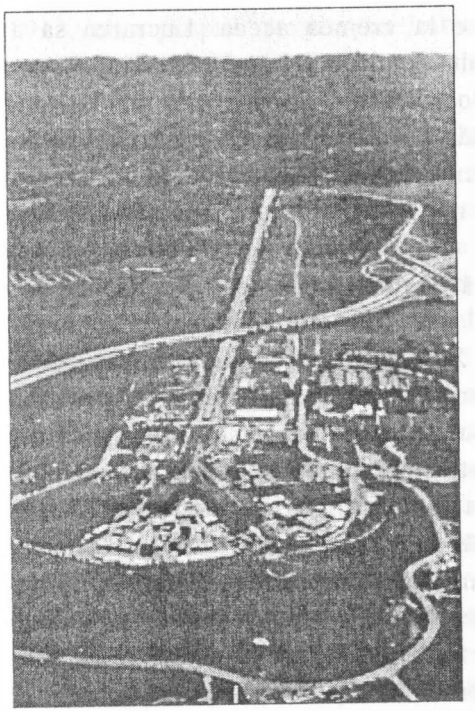
Dar, de fapt, este absolut remarcabilă. Această clădire, pe care prietenii o denumesc simplu „SLAC", adăpostește unul din răspunsurile fizicienilor contemporani la o întrebare

veche de cînd lumea: cum să vedem cel mai mic constituent al materiei – minusculele „cărămizi" constituente din care sînt alcătuite toate cele? Uriaşul SLAC (*the Stanford Linear Accelerator Center* – Acceleratorul Linear Central de la Stanford) pune la dispoziţia noastră o fereastră prin care pot fi văzute particule de dimensiuni infinitezimale – particulele elementare, cum li se spune – care alcătuiesc atomul.

ÎNCEPUTUL CĂUTĂRII

Dar să ne întoarcem puţin în timp. La început (sau aproape de început, cel puţin din punctul de vedere al istoriei ştiinţei), în timpul grecilor antici, un anume Leucip şi discipolul său Democrit au propus ideea că totul ar trebui să fie alcătuit din nişte cărămizi constituente foarte mici, universale, şi au denumit aceste particule minuscule, dure şi indivizibile *atomi* (de la cuvîntul grecesc *atomos*, care înseamnă „indivizibil"). Prea mici pentru a fi văzuţi cu ochiul liber, atomii erau ceea ce se obţinea atunci cînd descompuneai şi iarăşi descompuneai orice material în părţile lui componente, pînă cînd devenea imposibil să-l mai descompui.

Asta se întîmpla cam cu 2400 de ani în urmă, iar ideea a prins greu. Majoritatea gînditorilor din vremea aceea şi cei din secolele următoare nu au pus mare preţ pe respectivul concept, dar spre sfîrşitul secolului al XVII-lea interesul faţă de el a crescut. Chimistul britanic Robert Boyle era un atomist, iar ideea îi plăcea şi lui Isaac Newton. În lucrarea *Optiks*, publicată în 1704, Newton îşi exprima credinţa că întreaga materie este compusă din „Particule solide, masive, dure, impenetrabile, mobile" pe care le considera solide



Acceleratorul Liniar Central de la Stanford

„incomparabil mai dure decît orice Corpuri poroase compuse din ele". Dar nici Newton nu ştia cum să se uite la aceste particule despre care credea că există. Aşa încît fizicienii au continuat să studieze relaţiile dintre energie şi materie, dintre cauză şi efect. În acelaşi timp, chimiştii au continuat să caute ceea ce a ajuns să poarte numele de „elemente".

Ceva mai puţin de un secol mai tîrziu, John Dalton, un chimist excentric şi încăpăţînat, a propus, pentru prima oară, o teorie atomică ce putea fi testată cantitativ. Dalton a definit atomul ca fiind cea mai mică unitate a unui element şi şi-a publicat prima listă a maselor atomice pentru

elementele cunoscute la vremea aceea. Lucrarea sa a constituit cheia de boltă pentru descoperirea zecilor de noi elemente care a avut loc în secolul următor. Dar nici Dalton, nici contemporanii săi nu au înţeles că ceea ce Dalton denumea „atom" *nu* era „atomul" indivizibil al lui Leucip şi Democrit, cea mai mică particulă care putea fi găsită în natură.

Primele indicii că lucrurile nu stăteau aşa au început să apară la sfîrşitul secolului al XIX-lea, o dată cu descoperirea razelor X şi a altor forme de radiaţii. S-a dovedit că radiaţia era compusă din particule emise de atomi. Dacă atomii puteau emite particule, însemna că nu erau indivizibili. Exista *ceva* mai mic. În 1897, fizicianul englez J.J. Thomson a demonstrat existenţa electronului, o particulă mică, uşoară, cu sarcină electrică negativă, care are masa egală cu o mică fracţiune din masa atomului de hidrogen. Aceasta nu explica de unde proveneau particulele radioactive, dar era un început. Şi aşa a început domeniul de studiu al fizicii particulelor subatomice.

În 1911, neozeelandezul Ernest Rutherford a conchis, în urma experimentelor pe care el şi echipele sale de cercetare le-au efectuat la Universitatea McGill din Canada şi la Universitatea Manchester din Anglia, că atomii erau în cea mai mare parte goi pe dinăuntru, cu electronii încărcaţi negativ ai lui Thomson rotindu-se pe orbite, asemenea unor planete minuscule ale unui sistem solar miniatural, şi un nucleu în centru, compus din particule pozitive (denumite *protoni*).

Danezul Niels Bohr, care a venit la studii în Anglia în 1912, era unul dintre puţinii fizicieni care agreau ideea unui atom compus în cea mai mare parte din spaţiu vid. În

1913, el a propus o versiune îmbunătăţită a modelului atomic al lui Rutherford, care presupunea un nucleu central pozitiv înconjurat de electroni orbitînd pe diferite niveluri energetice specifice. Modelul lui Bohr combina electronii lui Thomson şi dovezile experimentale ale lui Rutherford cu privire la existenţa unui nucleu pozitiv, cu teoria cuantică propusă pentru prima oară de Max Planck în 1900. Ideea care stă la baza teoriei lui Planck este că se poate explica comportamentul atomilor – şi modul cum interacţionează particulele subatomice – considerînd fotonul (pachetul minuscul de energie care asigură transportul luminii şi al oricărei forme de energie electromagnetică) atît ca undă, cît şi ca particulă, nu una sau cealaltă. Deşi ideea pare stranie, teoria cuantică explică numeroase fenomene care altfel nu au nici o explicaţie şi în cele din urmă a revoluţionat fizica.

În al treilea deceniu al secolului al XX-lea, fizica a cunoscut o serie de transformări care s-au succedat rapid. Noi particule au fost descoperite una după alta; şi cu fiecare nouă descoperire, ideile despre cum ar trebui să arate atomul au trebuit revizuite. În scurt timp, noua viziune daltoniană asupra atomului nu mai semăna deloc cu particula fundamentală indivizibilă, în formă de bilă de biliard, aşa cum fusese închipuită de Leucip şi Democrit.

În 1930, bazîndu-se pe studiul său asupra datelor experimentale, Wofgang Pauli a venit cu ideea că o particulă ciudată necunoscută trebuie că este degajată în cursul emisiilor beta radioactive, o particulă lipsită (sau aproape lipsită) de masă, fără sarcină şi practic fără interacţiune cu orice altceva. El credea că o asemenea particulă ar trebui să existe pentru a explica pierderea de energie dintr-o reacţie – altfel

trebuia să se renunţe la legea conservării energiei, o eventualitate pe care el nu voia să o sugereze. Patru ani mai tîrziu, Enrico Fermi a confirmat această idee numind particula minusculă *neutrino*, care înseamnă „micuţul neutru" în italiană, limba maternă a lui Fermi.

Neutrinii nu au putut fi detectaţi ani de-a rîndul şi nimeni nu le-a putut dovedi existenţa. La început au fost dintre aceia care au bănuit că Pauli a apelat la un şiretlic „contabilicesc" – a născocit ceva pentru a scoate basma curată balanţa energetică. Dar iată că în 1956, folosindu-se o centrală energetică nucleară, a fost desfăşurat un experiment complicat care a dovedit existenţa fantomaticului neutrino, iar Pauli a fost răzbunat.

De asemenea, în 1930, pornind de la o teorie propusă de Paul Dirac, un fizician britanic în vîrstă de 28 de ani, a apărut ideea unei alte particule ipotetice, similară cu electronul, dar avînd sarcină pozitivă. De fapt, bazîndu-se pe eforturile lui Dirac de a face ca teoria cuantică şi relativitatea să lucreze în tandem, fizicienii au ajuns la concluzia uluitoare că oriunde există materie trebuie să existe şi reflexia ei în oglindă, care a fost denumită antimateria. Ideea de antimaterie, conform laureatului premiului Nobel Werner Heisenberg, a fost „probabil cel mai mare dintre toate salturile din fizica acestui secol". În pofida excepţionalelor capacităţi matematice ale lui Dirac, ideea a întîmpinat unele contestări. Dar, în 1932, tînărul fizician Carl Anderson tocmai făcea un experiment cu un magnet puternic şi o cameră cu ceaţă la Institutul pentru Tehnologie din California cînd a văzut-o – sau cel puţin a văzut urmele unei particule subatomice care părea a fi un electron, dar era atras de magnet în sens invers. El şi-a denumit această nouă particulă *pozitron.*

Tot în 1932, în acelaşi timp, James Chadwick de la Universitatea Cambridge a descoperit dovada indubitabilă a existenţei unei alte particule lipsite de sarcină, localizată în nucleele majorităţii atomilor. A denumit-o *neutron.* Această particulă era uşor de detectat şi explica o mulţime de fenomene, inclusiv discrepanţa dintre numărul atomic şi masa atomică pe care nimeni nu o înţelesese. Numărul de electroni cu sarcină electrică negativă echilibra numărul de protoni încărcaţi pozitiv din nucleu, dar toţi atomii, cu excepţia celui de hidrogen, aveau o masă cel puţin dublă faţă de cît puteau justifica aceste particule. Deci, de unde provenea toată această masă? Acum răspunsul părea limpede: de la nişte particule neutre electric existente în nucleu.

Existenţa neutronilor a fost dovedită uşor, iar dovezile lui Carl Anderson privind existenţa pozitronului erau greu

Hideki Yukawa (1907–1981) a deschis drumul fizicienilor într-o lungă şi fructuoasă căutare a particulelor fundamentale

de contestat. Puţini fizicieni rămăseseră sceptici cu privire la neutrinii lui Pauli. Dar, chiar şi cu aceste adaosuri, numărul de particule fundamentale din interiorul atomului părea uşor de stăpînit.

Numai că în anii următori toate acestea aveau să se schimbe. În 1935, Hideki Yukawa (1907–1981), un tînăr fizician de la Universitatea din Kyoto, a propus o soluţie la o problemă importantă: Ce anume lega atît de strîns protonii şi neutronii din nuclee? Heisenberg a sugerat că dacă nucleul conţine numai protonii pozitivi şi neutronii lipsiţi de sarcină ai lui Chadwick, atunci nucleul nu ar conţine decît sarcini electrice pozitive. Şi ţinînd cont că particulele încărcate cu acelaşi tip de sarcină se resping, de ce nu zboară aceste particule în direcţii opuse? Atunci Yukawa a sugerat că, poate, în interiorul nucleelor se exercită un fel de „forţe de schimb" – dar ce erau acestea şi cum anume funcţionau nu a spus niciodată.

Yukawa s-a gîndit că, dat fiind că forţele electromagnetice obişnuite implică transferul de fotoni, atunci în interiorul nucleelor ar trebui să opereze un soi de „forţe nucleare" care presupun transferul unui alt tip de entitate. Această forţă nucleară trebuie să acţioneze numai pe distanţe foarte scurte – respectiv de dimensiunea unui diametru de nucleu (adică circa zece trilionimi de centimetru). În acelaşi timp, ea trebuie să fie remarcabil de puternică – suficient de puternică încît să ţină laolaltă protonii a căror sarcină pozitivă i-ar forţa, în mod normal, să se separe. Şi, pornind de la rezultatele experimentale, această forţă ar trebui să scadă brusc o dată cu creşterea distanţei, astfel încît dincolo de perimetrul nucleului nu s-ar mai face simţită deloc.

Yukawa a elaborat o teorie conform căreia dovezile privind aceste forţe apar atunci cînd particule sînt transferate între neutroni şi protoni, în ambele sensuri. Masa acestor particule, spunea el, ar depinde de distanţa la care acţionează aceste forţe. Cu cît distanţa este mai mică, cu atît mai mare ar trebui să fie masa. Pentru a acţiona pe o distanţă egală cu diametrul nucleului, particulele transportate ar trebui să aibă cam de 200 de ori masa electronului şi circa 1/9 din masa unui neutron sau proton.

Forţa cu rază scurtă de acţiune care transporta aceste particule a ajuns să fie numită, logic, forţa *tare*. Cît despre particula lui Yukawa, timp de cîţiva ani a fost denumită *Yukon*, în onoarea sa, dar denumirea de *mezon* este cea care s-a păstrat, referindu-se la faptul că mezonii, aşa cum se înţelegea la acea dată, ar avea o masă intermediară între masele protonului şi electronului. (De curînd a căpătat denumirea de „particula lui Yukawa"). Şi iată că, în anul următor, folosind exact acelaşi echipament cu care observase traseele pozitronilor, Carl Anderson a descoperit dovada a ceea ce credea că este mezonul. Aşa cum a reieşit ulterior, noua particulă a lui Anderson nu era un mezon, ci o altă particulă, *muon*, iar particula lui Yukawa nu a fost confirmată decît în 1947.

Pînă în 1947, lista particulelor constituente ultime ale materiei şi radiaţiei se extinsese pentru a include electronul şi geamănul său, pozitronul, protonul, neutronul, muonul, pionul, neutrino şi fotonul. Aşa cum s-a dovedit, acestea nu erau toate atît de elementare pe cît le considerau fizicienii de atunci. Nu a trecut mult pînă cînd s-a descoperit că protonii, neutronii şi mezonii se descompun în constituenţi şi mai mici. Yukawa a deschis drumul căutării particulelor

subatomice fundamentale care, curînd, au ajuns să se numere cu sutele. Dalton ar fi fost uluit să-şi vadă acum particula fundamentală ultimă.

Astfel a început intrarea noastră în lumea subatomică – bizară, absurdă şi uluitoare. În scurt timp, fizicienii au adoptat o nouă nomenclatură pentru a descrie lumea minusculă a particulelor subatomice şi a forţelor care acţionează acolo. Au început să vorbească de particule minuscule cu denumiri cu sonoritate bizară – *lepton, muon, pion, gluon* şi, cel mai fantastic dintre toate, *quarkul* – despre care discutau în termeni de *stranietate, farmec, culori* şi *arome*.

TRIUMFUL CIPULUI ŞI AL COMPUTERULUI DIGITAL

În 1948, trei cercetători de la Laboratoarele Bell din New Jersey au făcut o descoperire uluitoare. William Bradford Shockley, John Bardeen şi Walter Brattain au constatat că pot folosi anumite cristale impure care să lucreze în acelaşi fel în care Thomas Alva Edison a utilizat tuburile vacumate: ca dispozitive electronice, sau tranzistoare, care controlează fluxul de electroni. Aşa a luat naştere electronica semiconductorilor în stare solidă. Consecinţele au afectat aproape toate aspectele vieţii noastre, de la bucătărie la automobile şi afaceri la comunicaţii şi spaţiul cosmic. Imediat, aparatele de radio s-au transformat din piese de mobilier voluminoase, pe care oamenii le aşezau în camerele de zi, în nişte cutii de mici dimensiuni care putea fi purtate oriunde. În scurt timp televizoarele s-au micşorat destul pentru a încăpea în

buzunarul cămăşii. Dar una dintre influenţele cele mai puternice s-a exercitat asupra uriaşelor calculatoare digitale care începuseră să funcţioneze pentru diferite instituţii, precum Biroul pentru Recensăminte al Statelor Unite, bănci şi corporaţii mari. Calculatoarele digitale şi-au găsit locul începînd cu anii patruzeci în manipularea bazelor de date în care milioane de tranzacţii puteau fi urmărite şi accesate. Dar computerele cu tuburi electronice vacumate consumau cantităţi imense de energie, necesitau încăperi uriaşe cu aer condiţionat şi deveniseră notorii prin lipsa lor de fiabilitate – timpul în care erau defecte îl depăşea pe cel în care erau funcţionale.

Descendentul fiabil al tranzistorului – microcipul – a făcut în curînd computerele mai ieftine şi incredibil de mici. Astăzi, cu o sumă mai mică de o mie de dolari, oamenii îşi pot cumpăra computere pe care le pot instala acasă sau la birou, pe o masă, şi care au de 30 pînă la 100 de ori memoria şi viteza computerelor din anii patruzeci, care umpleau încăperi de mărimea unei săli de gimnastică şi costau milioane de dolari. Pe de altă parte, în anii patruzeci, toate computerele erau programate folosind circuitele electronice şi stocau datele în nişte dispozitive magnetice de mari dimensiuni. Datele erau introduse prin intermediul unor cartele perforate. Primul limbaj de programare a fost inventat în 1956 şi permitea unui computer să aibă multe funcţii diferite, iar în 1970 au devenit posibile introducerea datelor direct prin intermediul tastaturii şi stocarea datelor pe discuri flexibile. În ultimul deceniu al secolului al XX-lea, discurile dure, cu capacităţi de stocare între 120 şi 200 milioane de bytes, au devenit comune în calculatoarele de birou.

Astăzi, puține sînt firmele care reuşesc că se mai descurce fără să folosească cel puțin un computer. Milioane de familii au asemenea calculatoare. Iar pentru oamenii de știință, computerele personale şi cele mai mari, de dimensiuni medii, au căpătat o mare utilitate în construirea teoriilor şi explorarea posibilităților prin folosirea modelărilor computerizate. Prin construirea unui model, savanții pot desfăşura adevărate scenarii de tipul „ce-ar fi dacă..." pentru orice fenomen, de la formarea planetelor la predicții despre mişcarea plăcilor tectonice sau viitoarea evoluție a efectului de seră.

Cel mai mare impact al tehnologiei electronice de stare solidă s-a produs în domeniul computerelor, dar dispozitivele semiconductoare, sau microprocesoarele, sînt peste tot – în aparatele de radio, televizoare, cuptoarele cu microunde, automobile, videocasetofoane, radiocasetofoane, CD-playere, telefoane, termostate programabile şi aşa mai departe. Şi tot mai multe aplicații apar în fiecare zi.

CUANTELE SE ALĂTURĂ TEORIEI LUI MAXWELL

În timpul războiului, între anii 1941 şi 1945, Statele Unite au adunat la Los Alamos, în regiunea nordică centrală a statului New Mexico, cel mai prodigios grup de fizicieni reunit vreodată în vederea unui proiect. Obiectivul lor era construirea unei bombe atomice – sau mai exact cu fisiune nucleară – înainte ca fizicienii din Germania nazistă să facă acelaşi lucru. Proiectul Manhattan, cum a fost numit, a reuşit, primul test efectuîndu-se în iulie 1945. Totuşi, guvernul Statelor Unite nu a folosit rezultatele pentru a înfrînge

Germania nazistă, care capitulase deja cu două luni mai devreme, ci pentru a pune capăt războiului cu Japonia.

Din echipa de savanți care au colaborat strîns, concentrîndu-se asupra unui singur obiectiv, a rezultat un grup de fizicieni printre care se numărau atît personalități marcante ale fizicii (ca Enrico Fermi şi Hans Bethe), cît şi tineri, cu minți inovatoare (ca, de exemplu, Richard Feynman).

Richard Feynman a devenit curînd cunoscut ca unul dintre vajnicii luptători care se înrolaseră în aşa-numitul „război împotriva infiniturilor" – strădania de a găsi o teorie care să unească teoria cuantică cu celebra teorie a cîmpului electromagnetic, elaborată încă din secolul al XIX-lea de către James Clerk Maxwell.

Prin 1946, cele două mari revoluții din fizica secolului al XX-lea – respectiv mecanica cuantică şi relativitatea – produseseră deja un efect profund asupra imaginii noastre mentale despre particulele subatomice. Werner Heisenberg, cu al său „principiu al incertitudinii", stabilise că, un electron nu poate fi gîndit ca avînd în acelaşi timp o anume viteză şi poziție în exact acelaşi timp în spațiu; în schimb, putem cunoaşte numai o probabilitate cu privire la poziția în care s-ar putea afla. De asemenea, conform legilor cuantice, un fenomen cunoscut ca „particule virtuale" poate fi creat împrumutînd energia necesară – acestea prind „viață" doar o infimă fracțiune de secundă pentru a dispărea la fel de brusc. Aşa încît poate exista un electron real, a cărui poziție exactă să nu o ştim niciodată, înconjurat de un roi de fotoni tranzienți virtuali. Fotonii (particulele-mesager ale luminii) ne dau de ştire că electronul se află acolo. Totodată, ei modifică foarte uşor proprietățile acestuia, iar aceste modificări pot fi determinate prin

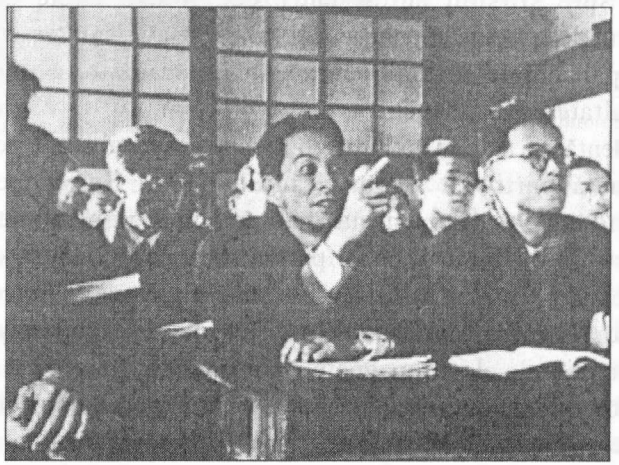
măsurători atente şi precise, apoi analizate prin intermediul unor calcule teoretice laborioase. Toate acestea complică enorm procesul de măsurare a electronului fizic, observabil într-un experiment.

Dacă toate acestea vi se par confuze, consolaţi-vă cu gîndul că nu sînteţi singuri, dimpotrivă sînteţi în compania unor mari inteligenţe. „[Electronii şi lumina] se comportă într-un fel care nu seamănă cu nimic din ceea ce aţi mai văzut", avea să le spună Richard Feynman studenţilor săi cîteva decenii mai tîrziu. „Experienţa voastră cu lucrurile pe care le-aţi văzut înainte este incompletă. La scară infinitezimală, lucrurile se comportă pur şi simplu diferit." Simplificările şi metaforele nu prea mai funcţionează, a precizat în continuare Feynman. De fapt, atomii nu sînt ca nişte sisteme solare, ca nişte arcuri ori ca nişte nori. Doar o singură simplificare este valabilă, spunea el: „Electronii se comportă în această privinţă în acelaşi fel ca şi fotonii; amîndoi sînt ciudaţi, dar exact în aceeaşi manieră... Cred că pot afirma fără teamă că nimeni nu înţelege mecanica cuantică... Vă voi spune cum se comportă natura. Dacă veţi admite pur şi simplu că poate este posibil să se comporte aşa, veţi găsi că este un lucru încîntător şi fascinant. Nu vă mai tot întrebaţi, dacă puteţi evita acest lucru, «dar cum e posibil aşa ceva?», pentru că veţi ajunge pe un drum înfundat din care nimeni pînă acum nu a reuşit să iasă. Nimeni nu ştie cum e posibil aşa ceva."

După care Feynman mergea mai departe pentru a arăta cum experimentele, calculele, toate dovezile converg spre concluzia că această lume minusculă, care funcţionează diferit de tot ceea ce cunoaştem, funcţionează într-adevăr aşa. De fapt, opera lui Feynman, electrodinamica cuantică

Richard Feynman la Los Alamos

(pe scurt, QED, acronim de la *quantum electrodynamics*), a reunit într-o formulare teoretică elegantă toate fenomenele legate de undele luminoase, undele radio, magnetism şi electricitate. În acelaşi timp, independent şi separat, doi alţi savanţi lucrau la aceleaşi teorii: newyorkezul Julian Seymour Schwinger şi fizicianul japonez Shin'ichiro Tomonaga.

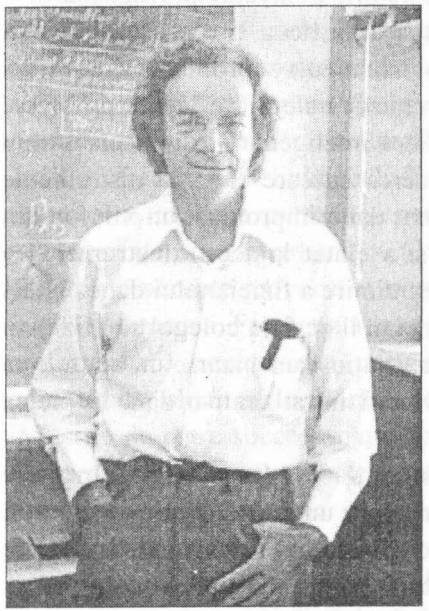


Shin'ichiro Tomonaga (în centru, cu mîna ridicată) a împărţit în 1965 premiul Nobel pentru fizică cu Richard Feynman şi Julian Seymour Schwinger pentru realizările în domeniul electrodinamicii cuantice

Schwinger (n.1918), un copil-minune, a intrat la Colegiul Oraşului New York la vîrsta de paisprezece ani. La douăzeci şi unu îşi luase doctoratul la Universitatea Columbia, iar la douăzeci şi nouă a fost promovat ca profesor „plin" la Universitatea Harvard. A fost cel mai tînăr profesor universitar din îndelungata istorie a acestei universităţi. Tomonaga (1906–1979) a fost coleg de clasă cu Yukawa la Universitatea din Kyoto, a studiat un timp alături de Heisenberg în Germania şi a revenit în Japonia pentru a-şi definitiva doctoratul în 1939. În timpul celui de-al doilea război mondial, întrerupînd legăturile cu fizicienii din America şi Europa, Tomonaga a lucrat la ceea ce avea să devină în cele din urmă teoria electrodinamicii cuantice, predînd în acelaşi timp la Universitatea pentru Educaţie din Tokio, al cărei rector a devenit după război, în 1956.

Spre sfîrşitul anilor patruzeci, totuşi, unele dintre calculele efectuate pentru electronii aflaţi în interacţiune cu particulele virtuale cu existenţă tranzitorie dădeau rezultate infinite pentru masa electronului – o eroare evidentă, pe care toată lumea o recunoştea ca absurdă pentru această particulă minusculă. Feynman, Schwinger şi Tomonaga au determinat matematic comportamentul electronilor dintr-o nouă perspectivă teoretică şi cu o precizie mult mai mare decît oricine altcineva înaintea lor şi au eliminat eroarea. Calculele lor puteau explica interacţiunile electromagnetice ale electronilor, pozitronilor şi fotonilor cu o precizie uluitoare. Se putea oare obţine aceeaşi precizie şi pentru neutronii şi protonii ţinuţi laolaltă în nucleu de forţa de interacţiune puternică? Speranţele erau mari.

RICHARD FEYNMAN: UN GENIU MULTILATERAL (1918–1988)



Feynman, predînd la Caltech (California Institute of Technology)

Formularea electrodinamicii cuantice în 1948, cînd încă nu împlinise treizeci de ani, i-a adus lui Richard Feynman un premiu Nobel pentru fizică în 1965. Fără doar şi poate, el a fost unul dintre cei mai străluciţi, mai neconvenţionali şi mai influenţi fizicieni ai epocii moderne. Gîndirea sa originală, dublată de o curiozitate ştiinţifică nelimitată, personalitatea sa cînd expansivă, cînd contemplativă şi un irezistibil simţ al umorului l-au evidenţiat încă de la început. În general, oamenii de ştiinţă folosesc cu zgîrcenie termenul de *geniu*, dar majoritatea sînt dispuşi să-l aplice celor doi mari fizicieni ai secolului al XX-lea: Albert Einstein şi Richard Feynman.

Dintotdeauna, Feynman a simţit nevoia de a şti cum funcţionează lucrurile. El repara aparate de radio, se pricepea să descuie încuietori, a învăţat portugheza şi a descifrat hieroglifele mayaşe. În liceu, profesorul îl lăsa să stea în ultima bancă şi să rezolve probleme de calcul matematic avansat, în vreme ce colegii săi lucrau probleme de fizică convenţională. Era inteligent. Dar în acelaşi timp era cunoscut pentru plăcerea cu care cînta la instrumente de percuţie. La un moment dat a improvizat un xilofon din pahare umplute cu apă şi a cîntat la acest „instrument" o scară întreagă, spre marea uimire a fizicianului danez Niels Bohr, aflat în vizită. Aşa cum îl descria colegul său fizician C.P. Snow, Feynman era „puţin cam bizar... un actor... ca şi cum Groucho Marx* ar fi intrat dintr-o dată în pielea unui mare savant".

După definitivarea studiilor la Massachusetts Institute of Technology şi la Princeton, unde a dobîndit doctoratul în 1942, după prezentarea disertaţiei sale asupra mecanicii cuantice, Feynman a fost cooptat în echipa ce urma să construiască bomba atomică. Curînd s-a remarcat ca un impetuos lider de grup, avînd prilejul să intre în contact cu unii dintre cei mai renumiţi fizicieni din lume, printre care Enrico Fermi, Hans Bethe, Niels Bohr şi fiul acestuia Aage, şi J. Robert Oppenheimer.

După război, în vreme ce preda la Universitatea Cornell, a început să lucreze la teoria QED, pentru care avea să primească în 1965 premiul Nobel pentru fizică, alături de alţi doi fizicieni. Considerat unul dintre principalii arhitecţi

* Julius Marx (1890–1977) zis Groucho, unul dintre cei patru fraţi Marx, actori americani de origine germană.

ai teoriilor cuantice, el a inventat o metodă larg folosită, cunoscută ca „diagramele Feynman", care oferea fizicienilor o metodă de vizualizare a particulelor şi coliziunilor acestora şi o modalitate de a vorbi despre ele într-un limbaj comun. Mulţi dintre confraţii săi fizicieni considerau că cel puţin alte trei realizări ulterioare ale lui Feynman ar fi meritat şi ele premiul Nobel: o teorie a suprafluidităţii, comportamentul lipsit de frecare al heliului lichid; o teorie a interacţiunilor slabe; şi o teorie a partonilor care a ajutat la elaborarea teoriei moderne a quarkurilor. Ca şi Einstein, era mereu pregătit să accepte provocarea următoarei enigme a naturii.

De asemenea, Feynman a întemeiat domeniul nanosistemelor, adică construirea unor dispozitive la o scară miniaturală, chiar moleculară – de unde a rezultat o nouă industrie de mare succes, manufacturarea moleculară, care realizează structuri complexe printr-un control exercitat la nivel de atom. Dat fiind că nanotehnologia este pentru manipularea materiei ceea ce reprezintă computerul pentru manipularea datelor, potenţialul este enorm. În urma exploziei produse imediat după lansarea navetei spaţiale americane *Challenger* la 28 ianuarie 1986, Feynman a jucat rolul inchizitorului caustic în comisia de anchetă prezidenţială. El a demonstrat foarte plastic, folosindu-se de un recipient cu apă îngheţată şi o garnitură simering, că, la temperaturi joase, cauciucul din care se fabrică garniturile de o importanţă crucială devine fragil şi incapabil să menţină etanşeitatea necesară – aceasta fiind cauza dezastrului. Dimineaţa lansării navetei *Challenger* a fost friguroasă – ţurţuri de gheaţă atîrnau de rampa de lansare – şi cînd naveta a pornit spre cer, combustibilul prelins printr-o îmbinare neetanşă a rachetei purtătoare a luat foc şi a

provocat explozia care i-a ucis pe cei şapte astronauţi aflaţi la bord. Deşi cu o sănătate precară, Feynman a acţionat neobosit pentru reconstituirea şirului de decizii eronate care a avut drept consecinţă ignorarea limitărilor fizice ale unei garnituri de cauciuc de care au depins vieţile a şapte oameni şi un program spaţial în valoare de multe milioane de dolari.

Autobiografia lui Feynman, *Surely You're Joking, Mr. Feynman*, publicată în 1985, a fost un surprinzător best-seller, iar după activitatea din Comisia *Challenger*, a scris o altă lucrare, intitulată *What Do* You *Care What Other People Think?* Chiar dacă nu a reuşit să-şi definitiveze lucrarea înainte de a muri, cartea reuşeşte să ne ofere ultimele sclipiri ale unei minţi geniale şi originale.

Probabil că cea mai importantă dintre toate a fost extraordinara sa operă didactică, originalitatea sa în abordarea rezolvării problemelor şi a vieţii influenţînd mulţi oameni de ştiinţă mai tineri atît de la Cornell, cît şi de la Caltech, unde a predat ulterior, iar conferinţele sale de fizică au devenit, după publicare, lucrări clasice ale genului.

PARADA PARTICULELOR

Dar experimentele nu erau reuşite. Interacţiunea tare era mult mai complicată decît şi-ar fi imaginat cineva.

În 1941, Yukawa şi restul comunităţii ştiinţifice au înţeles că mezonul descoperit în 1936 de Carl Anderson nu era purtătorul interacţiunii tari, aşa cum se prezisese. Trebuia să fie altceva. Cu puţin înainte de atacul japonezilor de la Pearl Harbor de pe 7 decembrie 1941, Yukawa scria descurajat: „Teoria mezotronică" (cum o denumea el), „se află astăzi în impas".

Războiul a rărit comunicaţiile dintre savanţi şi a încetinit ritmul cercetării, deşi trei fizicieni italieni au reuşit să desfăşoare în secret, într-o pivniţă din Roma, un experiment care demonstra că mezonii lui Anderson abia dacă interacţioncază cu nucleele atomice. Cînd în cele din urmă, după terminarea războiului, în 1947, au putut să-şi anunţe rezultatele, căutarea mezonului lui Yukawa era din nou în plină desfăşurare.

Nu a durat mult. După război, o companie chimică britanică a început să producă emulsii fotografice capabile să înregistreze radiaţiile cosmice de mare energie, iar Cecil F. Powell din Bristol s-a aflat în fruntea unei echipe care a folosit respectivele emulsii pentru a depista urmele acestor radiaţii. O particulă încărcată care trece prin emulsie lasă în urma sa o „dîră" de ioni care induc formarea unor granule negre după developare. Din numărul şi densitatea granulelor, Powell şi colegii săi au putut deduce unele proprietăţi ale particulelor, cum ar fi masa şi energia. Iar cînd au studiat urmele particulelor din radiaţiile cosmice, au găsit dovezi pentru unele care interacţionaseră într-adevăr, prin intermediul interacţiei tari, cu nucleele atomice. Mai mult decît atît, masa lor se apropia de masa prezisă de Yukawa – ceva mai mare decît cea a mezonului lui Anderson. Folosind literele greceşti *pi* şi *miu* pentru a diferenţia cele două particule de masă medie, Powell a denumit noua particulă pi-mezon, care a devenit curînd *pion*, iar mezonul lui Anderson mu-mezon, devenit şi el *miuon*. Era în anul 1947, cam în acelaşi timp în care Feynman şi ceilalţi consolidau electrodinamica cuantică pentru a explica şi prezice comportamentul electronilor, şi posibilitatea ca şi pentru particulele din nucleul atomic să se realizeze un progres similar era privită cu optimism.

Totuşi, nu toţi au fost cuprinşi de entuziasm. Descoperirea lui Powell însemna că miuonul lui Anderson era „suplimentar", aparent nenecesar, conform tuturor teoriilor curente. Aşa cum remarca cu umor fizicianul Isidor Rabi de la Universitatea Columbia: „Cine a ordonat asta?"

În loc să se lămurească, problema nucleului devenea tot mai confuză. După pion, fizicienii au început să descopere familii de particule înrudite cu el sau cu protonul. Fiecare particulă nou descoperită aducea cu ea înţelegerea faptului că norul virtual ce înconjoară nucleul trebuie să fie şi mai complex decît se crezuse anterior, iar ecuaţiile matematice care descriau interacţiunile tari au început să devină descurajant de complicate. În 1947, doi savanţi de la Universitatea din Manchester au detectat în camera cu ceaţă o particulă pe care au botezat-o K-mezon, sau kaon, înrudită cu pionul. (O cameră cu ceaţă este un dispozitiv în care traseele particulelor încărcate electric sînt făcute vizibile ca urme de picături în vapori suprasaturaţi.) Doi ani mai tîrziu, echipa lui Cecil Powell a găsit în emulsii urmele unei particule încărcate care se descompunea în trei pioni, şi au denumit noua particulă tau-mezon. Abia în 1957 cineva şi-a dat seama că cele două particule erau de fapt două stări diferite – pozitivă şi negativă – ale aceleiaşi particule, care în final a fost denumită kaon. Fizicienii care se ocupau de radiaţiile cosmice au descoperit încă o particulă, aparent o rudă neutră a protonului încărcat pozitiv, la începutul anilor cincizeci, căreia i-au dat numele de *lambda*.

În toiul acestui adevărat haos, un nou şi puternic instrument este pe cale să-şi facă intrarea. Pînă în momentul acela, majoritatea descoperirilor fuseseră făcute de către fizicienii specialişti în radiaţii cosmice cu ajutorul camerelor cu ceaţă.

Dar pentru a da un răspuns la noile întrebări care se puneau, fizicienii aveau nevoie de informaţii mai detaliate decît cele pe care le puteau oferi camerele cu ceaţă. A fost momentul în care au apărut acceleratoarele de particule. Aceste instalaţii puternice puteau produce fascicule uniforme şi controlate de particule de energii înalte – de exemplu, electroni, protoni sau pioni. Iar prin urmărirea rezultatelor obţinute prin ciocnirea acestor particule între ele se putea obţine o uriaşă cantitate de informaţii detaliate privind proprietăţile acestora. De fapt, fizicienii pot efectua două tipuri fundamentale de experienţe cu ajutorul unui accelerator şi al unui detector de particule: de împrăştiere şi de producere de particule.

În cazul împrăştierii, experimentatorii caută indicii legate de nucleu prin urmărirea modului de împrăştiere a particulelor: cît de multe, în ce direcţii şi la ce unghiuri. Cu cît este mai mare energia de la accelerator, cu atît este mai bine vizualizată structura. Folosirea acestei tehnici a permis savanţilor să găsească informaţii despre compoziţia nucleelor – cum sînt aranjaţi protonii şi neutronii şi cum coexistă aceştia în interiorul nucleului pentru a-şi menţine aranjamentul. Cu ajutorul unor energii şi mai mari, experimentatorii pot vedea şi mai în profunzime, şi anume cum se „asamblează" părţile protonilor şi neutronilor.

A doua întrebuinţare a acceleratoarelor de particule – descoperirea de noi particule – s-a dovedit eficientă imediat. În 1949, oamenii de ştiinţă de la Berkeley, California, au izolat pionul neutru folosind marele sincro-ciclotron construit acolo sub îndrumarea lui Ernest O. Lawrence. A fost prima nouă particulă descoperită cu ajutorul unui accelerator, şi nu prin intermediul camerei cu ceaţă.

LASERII: FIZICA CUANTICĂ LA LUCRU

Una dintre excrescenţele uluitoare ale mecanicii cuantice o constituie laserii, care au apărut sub o formă funcţională abia din 1960, cînd Theodore Harold Maiman a dezvoltat primul asemenea dispozitiv. Un *laser* (cuvîntul este acronimul denumirii din limba engleză *L*ight *A*mplification by *S*timulated *E*mission of *R*adiation) produce un fascicul îngust şi bine definit de lumină foarte strălucitoare, care diferă de lumina obişnuită prin faptul că este coerentă. Prin urmare, toate razele emise de un laser au exact aceeaşi lungime de undă, iar undele acestor raze sînt paralele şi într-o perfectă concordanţă de fază. Sau, exprimat altfel, la un laser, cuantele (pachetele din care este compusă lumina) sînt organizate cap la cap, oarecum într-o manieră compactă, producînd o undă continuă. Iată de ce, vibrînd împreună, acestea produc o lumină de foarte mare intensitate.

CUM SE FORMEAZĂ FASCICULUL LASER ÎN INTERIORUL UNEI CAVITĂŢI LASER

1 – Electronii aflaţi pe niveluri fundamentale absorb lumina de excitare

2 – Electronii excitaţi emit fotoni în direcţii aleatorii

3 – Ciocnirile dintre fotoni şi alţi electroni excitaţi generează un front de undă între oglinzi

4 – Reflexiile succesive între cele două oglinzi amplifică frontul de undă pînă cînd acesta reuşeşte să străpungă oglinda mai puţin reflexivă.

Fasciculele laser pot fi cu lumină vizibilă sau cu radiaţii infraroşii, care sînt invizibile, şi au numeroase întrebuinţări în telecomunicaţii, inginerie, ştiinţă şi medicină. Laserele cu lumină vizibilă se folosesc la înregistrarea şi redarea discurilor compacte (CD), în comunicaţiile prin fibre optice, în vreme ce un fascicul de laser în infraroşu poate secţiona cu o extrem de mare precizie materiale diverse, de la metale la ţesuturi umane.

Un fascicul laser este produs prin excitarea atomilor într-un mediu care poate absorbi sau elibera energie. O surprinzătoare varietate de substanţe poate juca rolul acestui mediu: un cristal solid precum rubinul, anumite vopsele lichide sau un gaz precum dioxidul de carbon.

Energia este introdusă pentru a excita atomii mediului, aducîndu-i într-o stare de energie înaltă. De exemplu, electronii proveniţi de la un curent electric introdus într-un mediu gazos excită atomii gazului. În cele din urmă, unul sau mai mulţi atomi ating o energie mai înaltă şi eliberează o rază luminoasă (sau foton). Raza luminoasă loveşte un alt atom, care ajunge la un nou nivel energetic, iar acesta, la rîndul lui, emite o rază luminoasă, şi aşa mai departe. (Acest proces este cunoscut ca emisie stimulată.) Oglinzile – una perfect reflectorizantă, iar cealaltă doar parţial reflectorizantă – reflectă razele luminoase într-un sens şi în celălalt (în etapa procesului denumită amplificare), astfel încît din ce în ce mai mulţi atomi emit lumină.

Fiecare nouă rază emisă de un atom vibrează în rezonanţă cu raza care a excitat atomul respectiv. Cu toate fasciculele vibrînd în rezonanţă, lumina părăseşte tubul prin oglinda parţial reflectorizantă, iar energia este eliberată ca lumină laser.

SUPRACONDUCTORII

În 1911, fizicianul danez Heike Kamerlingh a descoperit că, atunci cînd mercurul este răcit la temperaturi foarte joase – apropiate de zero absolut (–273,15 °C, – 459,67°F sau 0°K) –, rezistența electrică a acestuia dispare. Astfel, el a descoperit un fenomen straniu numit supraconductivitate – una dintre cele mai importante descoperiri din fizica experimentală modernă.

Totuşi, abia în 1957 s-a reuşit formularea unei teorii care să explice acest fenomen. Trei fizicieni din Statele Unite, John Bardeen, Leon N. Cooper şi John Robert Schrieffer, au propus aşa-numita teorie BCS (inițialele numelor lor) care stabileşte că, într-un supraconductor, curentul este purtat de către electroni legați între ei prin vibrații de rețea cristalină care nu pot disipa energie prin împrăştiere, cauza obişnuită a rezistenței electrice a conductorilor.

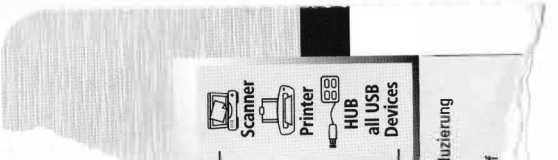
La început, utilitatea practică a supraconductivității a fost foarte limitată de faptul că, pentru numeroase substanțe, temperatura la care se produce acest fenomen, numită „temperatură critică", este foarte scăzută. Supraconductorii au fost folosiți în magneții puternici, de mari dimensiuni, ai acceleratoarelor de particule şi la instalațiile de vizualizare prin rezonanță magnetică (MRI – *Magnetic Resonance Imaging*), folosite în medicină, dar utilizarea lor este complicată şi costisitoare deoarece trebuie răciți în heliu lichid.

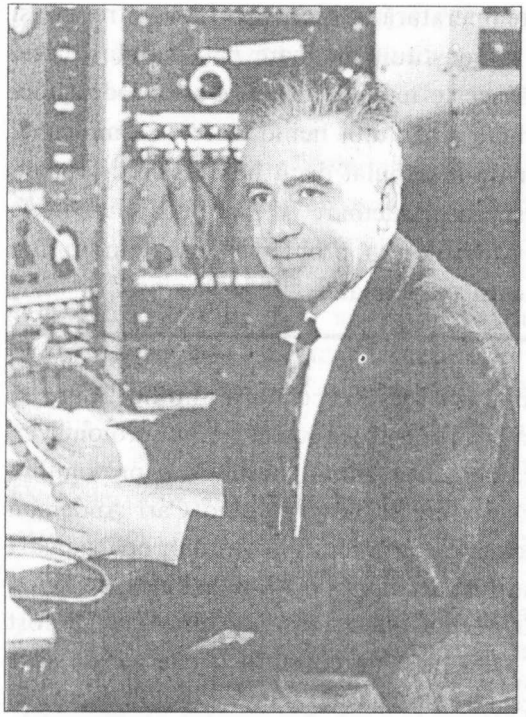
În 1986 şi 1987, doi cercetători de la IBM, K. Alex Müller şi Georg Bednorz, au anunțat punerea la punct a unor materiale care devin supraconductoare la temperaturi mult mai înalte decît cea a heliului lichid, care fierbe la 4,2°K (–268,95°C sau – 452,11°F). Aceste noi materiale

ceramice au o temperatură critică cuprinsă între 90 şi 120 °K, ceea ce a constituit un mare pas înainte, ținînd cont de faptul că aceste temperaturi se situează deasupra punctului de fierbere a azotului lichid, care este mult mai ieftin şi mai uşor de manipulat decît heliul lichid. Totuşi, aceste materiale supraconductoare îşi pierd proprietățile la valori mari ale curenților, o problemă care le-a limitat utilizarea în aplicații comerciale.

În toamna anului 1955, cercetătorii Emilio Segrè şi Owen Chamberlain au reuşit să detecteze antiprotonul cu sarcină negativă, perechea „antimaterială" a protonului. Trecuse aproape un sfert de veac de cînd Carl Anderson descoperise perechea electronului, pozitronul, pe 2 august 1932. Protonii au fost accelerați la Universitatea Berkeley din California, în recent construitul Bevatron, şi au fost expediați asupra unei ținte de cupru la o energie de şase miliarde de electron-volți. (Acesta este nivelul energetic minim necesar pentru a determina apariția unui antiproton într-o strălucire energetică.)

În deceniile cincizeci şi şaizeci ale secolului al XX-lea, publicațiile ştiințifice au fost inundate de un val uriaş de noi particule subatomice provenite de la acceleratoarele de la Berkeley, Brookhaven (de pe Long Island, New York), Fermilab (din apropiere de Chicago) şi CERN (din Geneva). Cu cît mai multe particule descopereau fizicienii, cu atît mai multe dovezi apăreau privind existența altor particule, şi adesea particula care se profila „după colț" promitea să fie mai grea şi mai rezistentă la descoperire.





Emilio Segrè

Cu cît era mai mare energia acceleratorului, cu atît creştea probabilitatea ca fizicienii să poată descătuşa următoarea particulă pe măsură ce pătrundeau tot mai adînc în structura nucleului. Sincrociclotronul lui Lawrence, construit în 1949, folosea un flux de particule la 100 MeV. (MeV înseamnă un milion de electron-volţi. Un electron-volt este măsura cantităţii de energie necesare pentru a deplasa un electron pe o diferenţă de potenţial de un volt.) Astăzi, Tevatronul de la Fermilab poate atinge energii de pînă la un TeV (un trilion de electron-volţi).

Experimentatorii au pus totodată la punct şi numeroase variaţiuni pentru a obţine anumite tipuri de informaţie – diferite tipuri de detectori, diferite tipuri şi energii ale „gloanţelor", pentru a afla durata de viaţă a unei anumite particule, modurile de dezintegrare şi aşa mai departe. (Toate noile particule erau foarte instabile şi se descompuneau foarte rapid în alte particule.) Volumul de informaţii era copleşitor.

Fizica particulelor părea să se îndrepte spre dezordine şi o confuzie totală.

INSTRUMENTELE ŞTIINŢEI: ACCELERATORUL DE PARTICULE

1929 Fizicienii britanici John Cockcroft şi Ernest Walton inventează primul accelerator de particule, o maşină simplă care le permitea să bombardeze o ţintă de litiu şi să producă particule alfa (nuclee de heliu), transformînd artificial litiul în heliu. Ei au reuşit să confirme producerea nucleelor de heliu observîndu-le urmele în camera cu ceaţă.

1930 Ernest O. Lawrence de la Universitatea Berkeley din California are ideea construirii unui ciclotron care poate accelera protonii şi particulele alfa pe traiectorii spiralate între doi poli circulari ai unui electromagnet de mari dimensiuni. Primul ciclotron este foarte mic, poate fi luat în palmă. Traiectoriile spiralate fac posibile accelerаţii puternice fără utilizarea unor tensiuni electrice mari sau a unor

traiectorii drepte lungi. În cursul deceniului al patrulea s-au construit versiuni din ce în ce mai mari la Laboratorul pentru Radiații de la Berkeley (astăzi Laboratorul Lawrence de la Berkeley). În 1939 au un ciclotron cu diametrul de 60 de țoli (152,4 cm) care poate accelera particulele pînă la 10 MeV. Curînd, Lawrence începe planurile de construire a unui ciclotron cu diametrul de 184 țoli (467.36 cm), capabil să atingă o energie de 100 MeV, ceva aproape de neimaginat, după care a urmat o versiune numită „sincro-ciclotron", cu o capacitate de cîteva sute de MeV.

1952 Un consorțiu de universități de pe Coasta de Est construieşte primul „sincrotron", anume „Cosmotronul" de la Laboratorul Național Brookhaven de pe Long Island, New York. Marea instalație este capabilă să asigure peste un miliard de electron-volți (1000 MeV sau 1 GeV, un gigaelectron-volt), ajungînd ulterior pînă la trei miliarde. În locul unor magneți uriaşi ficşi între care particulele să fie obligate să orbiteze, magneții sincrotronului sînt mai mici şi mobili – sincronizați să se mişte în poziție pe măsură ce orbitele particulelor îi intersectează. Aceasta înseamnă că în vreme ce ciclotroanele sînt limitate de mărimea magneților care pot fi fabricați, dimensiunea sincrotronului este limitată doar de puterea financiară a consorțiului şi de dimensiunile terenului pe care este construit.

1954 Consiliul European pentru Cercetări Nucleare (CERN – Conseil Européen pour la Recherche

Nucléaire), denumit acum Organizația Europeană pentru Cercetări Nucleare, dar cunoscut în continuare sub acronimul CERN, este înființat la Geneva.

1959 CERN inaugurează acceleratorul său de 25 GeV.

1965 Acceleratorul de particule SLAC (Stanford Linear Accelerator Center) intră în funcțiune în California.

1969 Robert Wilson înființează Fermi National Accelerator Laboratory, celebrul Fermilab, la Batavia, Illinois, în apropiere de Chicago.

1972 Marele accelerator de la Fermilab începe să funcționeze la 200 GeV (200 de miliarde de electron-volți). Mai tîrziu, în acelaşi an, valoarea ajunge la 400 GeV.

1976 CERN începe utilizarea Sincrotronului Super-Protonic (SPS – Super Proton Synchrotron), un inel cu diametrul de 4 mile (6,5 km) care inițial furniza protoni la 300 GeV, ajungînd în cele din urmă la 450 GeV.

1984 Acceleratorul de particule de la Fermilab ajunge la 800 GeV.

1985 Începe funcționarea Tevatronului de 900 GeV de la Fermilab; ulterior se atinge valoarea de 1 TeV (terraelectron-volt, adică un trilion de electron-volți).

1985 O echipă condusă de Carlo Rubbia de la CERN descoperă particulele încărcate electric W şi particula neutră Z, prezise de teoria interacțiunilor electromagnetice slabe.

CAPITOLUL 2

TĂRÎMUL QUARKURILOR

Cărările prin jungla haotică a particulelor subatomice nu au fost uşor de găsit. Dar mare parte din meritul cuvenit pentru marcarea acestor cărări îi revine unui fizician multitalentat, care le-a sesizat cu ingeniozitate topografia şi le-a cartografiat, folosindu-se pe parcursul acestor trasee complicate de denumiri exotice şi aluzii literare.

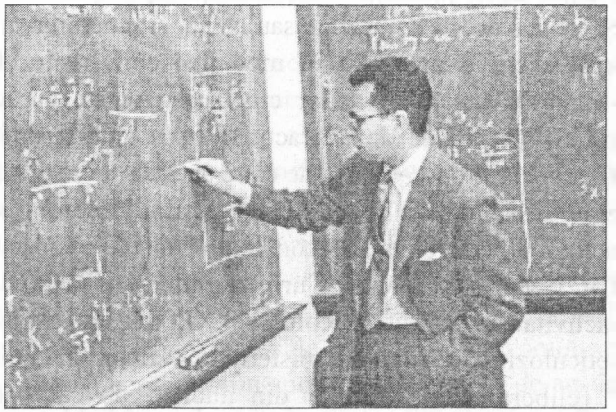
Murray Gell-Mann, al cărui tată părăsise Austria pentru a se stabili la New York, s-a născut la New York în 1929. A intrat la Universitatea Yale în ziua în care împlinea 15 ani şi numai acest detaliu spune multe. La 21 de ani îşi lua doctoratul la Massachusetts Institute of Technology. Şi, după alte studii efectuate sub îndrumarea lui Enrico Fermi la Chicago, Gell-Mann a obţinut titlul de profesor universitar la California Institute of Technology (Caltech) pe cînd avea 27 de ani. Cu capacităţi intelectuale deosebite, o varietate a domeniilor de interes şi un talent deosebit de poliglot (printre limbile pe care le vorbea cursiv numărîndu-se şi dialectul swahili), Gell-Mann îşi amintea cu duioşie de prăpastia care îl despărţea de colegii săi „obişnuiţi" în privinţa coeficientului de inteligenţă.

La data sosirii sale la Caltech, Gell-Mann plonjase deja adînc în jungla fizicii particulelor. Pe lîngă neutronul lui Chadwick, pozitronul lui Dirac şi neutrino al lui Pauli, Yukawa postulase existenţa mezonului – din care apăruseră prea mulţi: nu numai miu-mezonul lui Anderson, ulterior rebotezat „miuon" fiindcă s-a dovedit a nu fi mezon; dar şi pi-mezonul lui Powell, care era purtătorul interacţiunii tari postulat de Yukawa. Prin anii cincizeci existau de asemenea K-mezonii, şi mai grei, care aveau cam jumătate din masa protonului. În scurt timp au început să apară particule mai grele chiar decît protonii – aşa-numiţii *hiperoni*.

Şi tocmai aceşti K-mezoni, sau kaoni, şi hiperonii au fost particulele care i-au trezit în mod deosebit interesul lui Gell-Mann la începutul anilor cincizeci. Aceste particule, raţiona el, sînt create de interacţiunile tari şi ar trebui, de drept, să poată fi descompuse de către acestea. În loc de asta, ele erau descompuse de către interacţiunile slabe (acele interacţiuni a căror dovadă o constituie emisiile radioactive).

Cînd Marie şi Pierre Curie au început să studieze radioactivitatea la sfîrşitul secolului al XIX-lea, ei au măsurat cu meticulozitate rezultatele misterioasei emisii de „radiaţie beta" (eliberarea electronilor din nucleu) de care puţini oameni (exceptîndu-i pe colegii de talia unui Henri Becquerel) auziseră vreodată. Dar în anii cincizeci ai secolului al XX-lea se cunoşteau o mulţime de lucruri despre radioactivitate şi forţa care o guvernează, numită interacţiune slabă. Avînd o valoare măsurată de circa o mie de ori mai mică decît bine cunoscuta interacţiune electromagnetică şi chiar mai slabă decît interacţiunea tare care ţine laolaltă particulele nucleare interacţiunea slabă era un fenomen destul de bine înţeles – sau cel puţin aşa credea majoritatea fizicienilor.

Bine înţeles, mai exact cu excepţia faptului că, după toate regulile, interacţiunea slabă, evident mai slabă şi mult mai lentă, nu ar trebui să aibă întîietate faţă de mai rapida interacţiune tare. Conform celor cunoscute, kaonii ar fi trebuit să se dezintegreze prin intermediul interacţiunii tari, dar nu se întîmpla aşa. Dezintegrarea lor nu avea loc decît prin intermediul interacţiunii slabe. Aceste lucruri păreau cu adevărat stranii specialiştilor în fizica particulelor. Şi, în consecinţă, au început să numească hiperonii şi kaonii „particule stranii".



Murray Gell-Mann

PRIVIRE ASUPRA STRANIETĂŢII

Aşa se face că la începutul anilor cincizeci Murray Gell-Mann a manifestat o mare preocupare pentru problema stranietăţii. (În acelaşi timp, fizicienii japonezi T. Nakano şi Kasuhiko Nishijima lucrau independent pe aceleaşi coordonate şi au ajuns la concluzii similare.) Mai întîi, el a început să gîndească în termeni de grupuri de subparticule,

în loc să le considere individual. Dacă se analizează proprietăţile protonilor şi ale neutronilor, de exemplu, se constată că acestea sînt frapant de similare, exceptînd faptul că unul are sarcină pozitivă, iar celălalt este neutru. El a constatat că, dacă se ignoră sarcina electrică, majoritatea subparticulelor din nucleu par să se încadreze în grupuri de cîte două sau trei.

Prin urmare, Gell-Mann a împărţit particulele cunoscute în grupuri diferenţiate prin toate caracteristicile, cu excepţia sarcinii electrice. Apoi, pe baza sarcinii totale a tuturor membrilor fiecărui grup, el a repartizat cîte un centru de sarcină pentru fiecare grup. De exemplu, grupul neutron-proton are un centru de sarcină de +1/2 (deoarece sarcina totală a grupului este de +1, iar grupul este alcătuit din doi membri). Dar pentru kaoni şi hiperoni, ciudat, centrul de sarcină nu se situa la mijloc, aşa cum se întîmpla la celelalte grupuri – era ex-centric. Gell-Mann a constatat că poate măsura exact cît de excentric era acest grup şi a atribuit un număr gradului de excentricitate – un număr pe care l-a denumit „numărul de stranietate". Pentru protoni şi neutroni, valoarea acestui număr este 0, pentru că la acest grup excentricitatea este zero. Dar a constatat că unele particule aveau un număr de stranietate egal cu –1, +1 sau chiar –2.

Mai mult decît atît, Gell-Mann a remarcat un model repetitiv pentru toate interacţiunile dintre particule: Numărul de stranictate total pentru toate particulele implicate în orice interacţiune se conservă întotdeauna. Cu alte cuvinte, el este acelaşi şi înainte, şi după interacţiune. Fizicienilor le-a plăcut acest lucru pentru că ilustra faptul că funcţionează un soi de simetrie (aşa cum natura manifestă în numeroase cazuri) care ar putea fi descrisă în termeni cantitativi (ceea

ce fizicienilor le-a plăcut întotdeauna) şi îl puteau folosi pentru a explica viaţa neaşteptat de lungă a particulelor stranii. Atît Gell-Mann, cît şi echipa Nakano-Nishijima şi-au publicat ideile în legătură cu aceste coordonate în 1953.

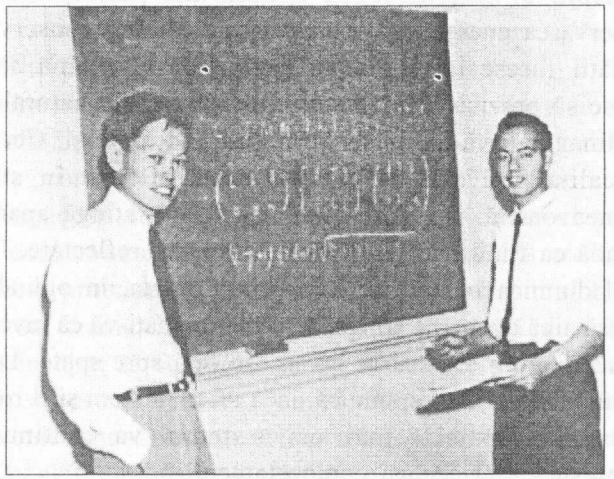
Unele mistere în ceea ce priveşte interacţiunea slabă au rămas neexplicate, totuşi – mistere care au ieşit la iveală într-o după-amiază a anului 1956, în timp ce Chen Ning (Frank) Yang şi Tsung Dao Lee stăteau de vorbă la White Rose Cafe din New York. Pe parcursul discuţiei, cei doi prieteni şi colegi de-o viaţă au început să aibă o bănuială despre forţa slabă la care nimeni nu se gîndise pînă atunci.

O LUME STÎNGACE

Frank Yang, născut în anul 1922 în localitatea Hofei din China, plecase în Statele Unite la vîrsta de 23 de ani pentru a studia alături de Enrico Fermi. Dar, cînd a ajuns la Universitatea Columbia din New York a aflat că Fermi plecase la Universitatea din Chicago. Fără să se descurajeze, Yang a plecat la Chicago, unde a ajuns într-adevăr să studieze cu Fermi, obţinîndu-şi doctoratul în 1948. Tot acolo s-a întîlnit şi cu Tsung Dao Lee, pe care îl cunoştea deja din China. Pînă în 1956, Yang şi-a clădit o reputaţie ştiinţifică după ce în 1954, împreună cu Robert Mills, a ajutat la pregătirea terenului pentru teoria cuantică a cîmpului cu stabilirea a ceea ce uneori poartă denumirea de cîmpurile invariante de calibrare Yang-Mills.

Lee s-a născut la Shanghai în 1926 şi a plecat în 1944 în Statele Unite pentru a studia în cadrul unui program de studii universitare – deşi încă nu-şi luase bacalaureatul. Universitatea din Chicago a fost singura care i-a permis să se înscrie. Îngăduinţa manifestată de conducerea universităţii

a însemnat un mare noroc pentru Lee deoarece acolo se aflau unii dintre cei mai mari specialişti în fizică. Era bine pregătit ca să profite de pe urma acestui avantaj şi a obţinut doctoratul în 1950, lucrînd sub îndrumarea arhitectului bombei atomice, Edward Teller.



Chen Ning (Frank) Yang (stînga) şi Tsung Dao Lee

Drumurile lui Lee şi Yang s-au încrucişat din nou o vreme, la Institutul pentru Studii Avansate de la Princeton, New Jersey, unde Yang a rămas pentru a deveni profesor în 1955, în vreme ce Lee a acceptat un post la Universitatea Columbia din New York, în 1953. Pentru locuitorii statului New Jersey, oraşul New York se află la o distanţă rezonabilă, uşor de parcurs cu trenul, aşa că cei doi au continuat să se întîlnească pentru a face schimb de observaţii.

Subiectul discuţiei din după-amiaza aceea de la White Rose Cafe îl constituiau „particulele stranii" numite

K-mezoni, care păreau să se descompună în două moduri diferite – unul „de stînga" şi unul „de dreapta".

În mod normal, acest lucru n-ar trebui să se întîmple – şi nu se întîmpla cu alte particule. Felul cum se descompuneau K-mezonii părea să sfideze un important principiu al fizicii: legea conservării parităţii. Ca şi conservarea energiei şi conservarea materiei, conservarea parităţii fusese un principiu călăuzitor care pînă atunci păruse să prezică în mod coerent fenomenele naturale.

Imaginaţi-vă că vă aflaţi în faţa unei oglinzi. Ceea ce în realitate se află în dreapta este reflectat în stînga dumneavoastră, iar partea dumneavoastră stîngă apare în oglindă ca fiind partea dreaptă a imaginii reflectate. Dacă părul dumneavoastră are cărare pe dreapta, în oglindă el pare să aibă cărare pe stînga. Acum imaginaţi-vă că inversaţi restul imaginii, de sus în jos şi din faţă spre spate. Legea conservării parităţii spune că dacă iei un sistem şi îl roteşti în maniera indicată mai sus, sistemul va continua să manifeste exact acelaşi comportament.

Paritatea are două valori posibile: par şi impar. Legea conservării parităţii spune că dacă se începe cu o paritate impară înaintea unei reacţii sau transformări, după respectiva reacţie sau transformare trebuie să se ajungă la aceeaşi paritate. Cu alte cuvinte, cînd particulele interacţionează pentru a forma noi particule, paritatea trebuie să rămînă aceeaşi în ambele părţi ale ecuaţiei.

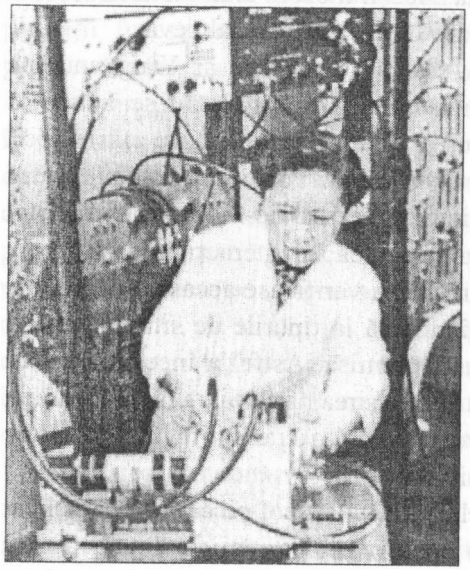
Problema cu K-mezonii era că, atunci cînd se descompuneau, uneori rezultau doi pi-mezoni, amîndoi cu parităţi impare (care combinate dau o paritate pară), iar alteori rezultau trei pi-mezoni (a căror paritate combinată este impară). Era ca şi cum te-ai uita în oglindă şi uneori mîna

dreaptă este reflectată în dreapta, iar altcori este reflectată în stînga. Cele două părţi ale ecuaţiei ar fi trebuit să se reflecte perfect, dar nu se întîmpla mereu aşa. Fizicienii au încercat să lămurească acest lucru spunînd că ar exista două tipuri de kaoni, unul cu paritate pară, iar celălalt cu paritate impară. Dar Yang şi Lee s-au gîndit că poate nu asta era soluţia corectă. Aceşti mezoni erau identici în toate celelalte privinţe. Poate că de vină era altceva.

Era oare posibil, s-au întrebat Lee şi Yang unul pe celălalt, ca legea conservării parităţii să nu se aplice la aceste „particule stranii"? Poate că, de fapt, nu exista decît un singur tip de kaon, nu două. Poate că motivul pentru care conservarea parităţii părea să fie încălcată era faptul că acest principiu nu se aplica la interacţiunile slabe. Ei şi-au dat seama că nimeni nu verificase această posibilitate şi au început să se gîndească la tipurile de situaţii care ar putea să testeze această premisă. Astfel a început ceea ce a devenit cunoscut ca „prăbuşirea parităţii" – nu o dispariţie totală, ci o prăbuşire legată de o anumită zonă, anume domeniul interacţiunii slabe.

Lee şi Yang au elaborat un articol pe care l-au publicat sub titlul „Problema conservării parităţii în interacţiunile slabe" şi în care analizau un număr de reacţii şi examinau implicaţiile experimentale ale posibilităţii ca paritatea (cu alte cuvinte, simetria în oglindă) să nu fie respectată de către interacţiunea slabă. Cum să testezi o asemenea idee? Ei s-au gîndit că dacă s-ar putea examina direcţiile în care un electron este ejectat de un nucleu aflat în rotaţie în cursul unei dezintegrări beta (domeniul interacţiunii slabe) şi s-ar observa, de exemplu, că electronul preferă o direcţie în detrimentul alteia, aceasta ar constitui un indiciu.

Ideea originală – teoria – a răsărit din colaborarea celor două minți, a lui Lee și a lui Yang. Dar o teorie capătă valoare în știință abia atunci cînd rezistă la proba experimentelor. Dacă rezistă, atunci ea poate deschide un nou domeniu important al cercetării, generînd noi întrebări provocatoare și oferind răspunsuri pentru multe din cele vechi.



Chien-shiung Wu, „Madame Wu", ale cărei experimente au demonstrat că ideile lui Lee și Yang privind conservarea parității erau corecte. Fotografia o înfățișează în cursul unei experiențe cu particule beta, în 1958

Imediat, Chien-shiung Wu, „echivalentul experimental" al lui Lee și Yang, a intrat în acțiune. Profesor de fizică la Universitatea Columbia și colegă cu Lee, Wu era o experimentatoare foarte respectată, cu o voință de fier, specializată în dezintegrarea radioactivă. Persoană extrem de energică, renumită pentru exigența sa față de studenți, era la fel de exigentă și față de propria sa activitate. În acest caz, Wu – sau Madame Wu, cum era cunoscută de

aproape toată lumea, deși Wu era numele ei de fată, pe soțul ei chemîndu-l Yuan – a desfășurat experiențe oportune, complicate și precise. Wu a decis să folosească izotopul cobalt 60, care se dezintegrează într-un nucleu de nichel, un neutrino și un pozitron. Cu ajutorul aparaturii sale, Wu dorea să „urmărească" spinul pozitronului în timp ce părăsea nucleul, dar pentru asta trebuia să se asigure că nucleele de Co 60 se roteau toate în aceeași direcție, astfel încît spinul nucleelor să nu influențeze spinul particulei emise. Pentru a realiza acest deziderat, Wu a imaginat și planificat un experiment complicat, care presupunea utilizarea instalațiilor criogenice de la Biroul de Standarde al Statelor Unite din Washington pentru a aduce cobaltul la o temperatură foarte joasă, imediat deasupra lui zero absolut.

În primele luni ale anului 1957, ea a început să obțină rezultate uimitoare. „Wu a telefonat", le-a spus T.D. Lee colegilor săi de catedră în timpul primului prînz colectiv de după Anul Nou, „și mi-a spus că datele preliminare indică un efect colosal!" Nu a trecut mult pînă cînd au sosit primele rezultate ale lui Wu. Paritatea nu era valabilă pentru interacțiunea slabă. Iar la sfîrșitul anului, Lee și Yang au primit premiul Nobel pentru intuițiile lor.

În orice caz, mulți fizicieni nu au fost mulțumiți de aceste rezultate. Lumea subatomică, spre deosebire de lumea înconjurătoare dezordonată, părusе întotdeauna de o minunată eleganță, de o previzibilitate dată de simetrie. Iar acum simetria părea să rămînă doar o amintire.

„Nu pot să cred că Dumnezeu este stîngaci", și-a exprimat dezacordul printr-un calambur Wolfgang Pauli. (Și nu pentru că ar fi considerat că a fi stîngaci ar fi un lucru indezirabil, ci doar pentru că întotdeauna considerase

că natura este „dreptace"). El exprima astfel o neliniște pe care mulți fizicieni o simțeau. Dacă paritatea nu este consecventă, atunci poate că nici celelalte legi ale conservării nu sînt întotdeauna consecvente. Poate că simetria nu poate fi considerată ca principiu în nici o situație. Lee, Yang și Wu au ridicat numeroase întrebări, dintre care multe au rămas fără răspuns pînă astăzi. Dar pentru oamenii de știință, cărora le place efortul de a căuta răspunsuri la întrebările rămase fără răspuns, acesta este un indiciu al științei adevărate: nu trebuie doar să răspunzi la întrebări și să potrivești piesele, ci și să pui noi întrebări.

BOMBA: QUARKUL

Între timp, în California, Murray Gell-Mann era și el foarte ocupat. Un mare teoretician are un talent deosebit de a sintetiza și a sesiza modele în plină confuzie, și tocmai asta a făcut Gell-Mann. Mai multe lucruri trebuia lămurite și explicate, inclusiv numărul năucitor de particule (de ce atît de multe?) și aparenta lor grupare în familii (care mecanism sau principiu cauza acest lucru?).

Bazîndu-se în parte pe rezultatele lui Yang, Lee și Wu, Gell-Mann a formulat niște idei, un sistem de clasificare, pe care l-a publicat într-o lungă serie de articole la începutul anilor șaizeci. El și-a denumit sistemul „calea multiplicității", un termen împrumutat de la un aforism atribuit lui Buddha în literatura chineză. (Asta nu însemna, așa cum au crezut unii entuziaști, că Gell-Mann ar fi vrut să spună că fizica o luase pe calea misticismului sau chiar a filozofiei, ci pur și simplu că avea nevoie de o denumire pentru a defini un concept care era atît de nou pentru lumea limbajului încît însuși numele său trebuia inventat. Dat fiind

că majoritatea literelor alfabetului grecesc erau deja „ocupate" cu denumirile particulelor, el a împrumutat de la unul din numeroasele sale domenii de interes.)

Raționamentul lui Gell-Mann era următorul: așa cum observase deja, multe particule subatomice – incluzînd mezonii, protonii și neutronii – puteau fi grupate în familii, grupuri de cîte doi sau trei membri. Astfel, existau trei pioni (pi-mezoni), două perechi de kaoni (K-mezoni), o pereche de protoni (protonul și antiprotonul), și așa mai departe. Acestea erau familii foarte strîns unite, cu asemănări puternice. La drept vorbind, membrii unei familii erau mai mult asemănători decît deosebiți. Singurele diferențe în fiecare caz erau sarcina electrică și masa. Iar diferența de masă era atît de mică (cîțiva MeV), încît putea fi atribuită pur și simplu diferenței de sarcină electrică. Cu alte cuvinte, aceste particule erau, după toate probabilitățile, identice, dat fiind că diferența de masă putea fi cauzată numai de diferența de sarcină. Așadar, a spus Gell-Mann, ce-ar fi dacă am considera fiecare dintre aceste familii ca o singură particulă cu o altă caracteristică, și anume „multiplicitatea"? Era o modalitate nouă și eficientă de a privi la varietatea de particule ce se găsesc în nucleul atomic.

În al doilea rînd, el a observat că forțele specifice interacțiunii tari nu acordă nici un fel de atenție sarcinii electrice. Efectele sînt aceleași indiferent dacă particula este neutră, negativă sau pozitivă. Un proton este la fel de puternic atras ca și un antiproton. Forța tare nu face nici o distincție între pionul neutru și rudele sale, pionul negativ și pionul pozitiv. Aceștia sînt asemenea celor trei laturi ale unui triunghi echilateral.

Gell-Mann s-a gîndit că există o legătură între stranietatea particulelor stranii și multiplicitatea acestora.

Spre deosebire de pioni, care apar ca tripleţi, particulele stranii numite kaoni par să existe în seturi de cîte două perechi. El era sigur că o anume simetrie mai profundă, încă nedetectată, juca aici un rol. Acestea nu erau doar nişte coincidenţe.

La acea dată, spre sfîrşitul anilor şaizeci, matematicienii tocmai redescoperiseră opera matematicianului norvegian Sophus Lie, care explorase anumite aspecte ale unui formalism abstract numit „teoria grupurilor". Gell-Mann şi-a dat seama că un anumit grup Lie – SU(3), sau grupul Special Unitar în 3 dimensiuni – părea să funcţioneze atît pentru mezoni, cît şi pentru barioni. (Aceeaşi idee a avut-o, cam în acelaşi timp, şi Yuval Ne'eman de la Colegiul Imperial din Londra.) Folosind grupul ca un soi de şablon, Gell-Mann a aranjat mezonii şi barionii în funcţie de sarcină şi stranietate. Dar, deşi existau opt barioni care se potriveau perfect în şablon, numărul mezonilor era de numai şapte.

Aşa încît, pornind de la caracteristica potrivit căreia un al optulea mezon ar trebui să se potrivească în modelul său, Gell-Mann a prezis existenţa acestuia în aceeaşi manieră în care Dmitri Mendeleev a prezis existenţa cîtorva elemente încă nedescoperite atunci cînd a alcătuit tabelul periodic al elementelor în 1869. Gell-Mann a prezis, mai ales, existenţa unei particule numite „omega-minus", şi a avut dreptate. Exact o asemenea particulă a fost descoperită în 1964 – şi observată din nou după aceea, de multe mii de ori. Antiparticula sa, anti-omega-minus sau „omega-plus" a „apărut" în 1971.

Aşa s-a născut Calea Multiplicităţii şi a adus ordinea, sau cel puţin o ordine mai mare, în jungla particulelor.

Dar Gell-Mann mai avea nişte aşi în mînecă. Chiar şi

cu noua ordine adusă de Calea Multiplicităţii, el s-a gîndit că ar trebui să existe o ordine mai profundă şi mai simplă. Trebuia să existe o particulă mai fundamentală decît a reuşit cineva să-şi imagineze pînă atunci. Gell-Mann şi-a dat seama că fizicienii procedau ca şi cum ar fi cercetat moleculele unei substanţe şi ar fi încercat să le înţeleagă complexitatea fără să sesizeze că acestea erau compuse din atomi (adică exact lucrul pe care chimiştii l-au făcut vreme de secole, înainte de Dalton). Barionii (neutronii şi protonii) erau compuşi din ceva mai mic – dar din ce anume?

Răspunsul a început să se profileze în timpul unui prînz la Clubul Profesorilor de la Universitatea Columbia, în ziua de luni, 25 martie, 1963. (S-ar părea că fizicienii gîndesc intens în timp ce mănîncă!) Gell-Mann se afla în vizită la Universitatea Columbia pentru o serie de conferinţe privind Calea Multiplicităţii şi alte probleme, şi o parte din teoreticienii de la universitatea gazdă, printre care şi Robert Serber, l-au invitat la masă. Serber era un om liniştit care fusese coleg cu Robert Oppenheimer la Berkeley şi colaborase cu el la Los Alamos. În general, el prefera să-şi desfăşoare activitatea cu discreţie, dar în ziua aceea a avut o întrebare: Ce-aţi zice de un grup fundamental întreit de particule, un triplet?

„Asta ar fi o ciudăţenie amuzantă!", a replicat Gell-Mann fără să stea prea mult pe gînduri. „O idee teribilă", a adăugat T.D. Lee, care era şi el de faţă. Pe urmă Gell-Mann a început să mîzgălească pe un şervet: Pentru ca un triplet să funcţioneze, particulele ar trebui să aibă sarcini fracţionare, un fenomen nicicînd observat în natură şi, practic, de neimaginat. Particulele ar trebui să fie +2/3, −1/3, −1/3.

Dar mai tîrziu a început să se gîndească mai profund la acest lucru. Atîta timp cît o particulă nu apare în natură cu sarcina sa fracţionară, poate că ideea nu e atît de bizară. Dacă o particulă nucleară cu adevărat fundamentală, un hadron fundamental, ar fi neobservabilă, incapabilă să se detaşeze dintre barioni şi mezoni pentru a fi observată individual, dacă ar fi permanent blocată între protonii, neutronii, pionii fizici etc., pe care fizicienii i-au descoperit în natură, atunci poate că ideea ar funcţiona. El a pomenit această supoziţie la următoarea sa conferinţă. Revenind la Caltech, a insistat mai departe asupra ideii şi a menţionat-o în cursul unei convorbiri telefonice cu vechiul său îndrumător de la lucrarea de doctorat, Victor Weisskopf, pe atunci director al CERN, acceleratorul de particule de la Geneva. Poate că barionii şi mezonii sînt alcătuiţi din particule cu sarcină electrică fracţională, a sugerat Gell-Mann. Weisskopf nu s-a arătat impresionat. „Te rog, Murray, să fim serioşi", a venit imediat replica interlocutorului. „Aceasta e o convorbire telefonică internaţională."

Dar Gell-Mann era cît se poate de serios. În 1964, el a propus ipoteza existenţei unui grup neobişnuit de particule care purtau sarcini electrice fracţionare. Demonstrîndu-şi încă o dată apetenţa pentru denumiri exotice, a denumit aceste particule *quarkuri*, pornind de la o frază din romanul *Finnegans Wake* de James Joyce: „Three quarks for Muster Mark!" Pe cel cu sarcina pozitivă egală cu 2/3 l-a denumit *quark-sus* (proton-quark). Pe ceilalţi doi i-a botezat *jos* (neutron-quark) şi *straniu* (lambda-quark). Un proton este compus din două proton-quarkuri şi un neutron-quark, avînd o sarcină totală de +1. Un neutron este compus din două neutron-quarkuri şi un proton-quark, rezultînd o sarcină

electrică nulă. În ultima frază a articolului său de două pagini, el i-a mulţumit lui Robert Serber pentru a fi stimulat aceste idei.

În acelaşi timp în care Gell-Mann propunea ipoteza quarkurilor, tînărul fizician George Zweig lucra şi el pe aceleaşi coordonate. Zweig era fizician experimentator la CERN şi considera aceste particule, pe care le numise *aşi*, ca fiind particule reale, concrete, nu un concept abstract, aşa cum le considerase Gell-Mann. Dat fiind că Zweig era mai tînăr şi mai puţin celebru, el nu a reuşit să-şi publice ideile (pînă şi Gell-Mann alesese pentru publicarea articolului o revistă mai puţin cunoscută pentru a evita un refuz). Dar din momentul în care s-a răspîndit vestea că Zweig a scris cu privire la acest subiect un articol cu circulaţie internă la CERN, Gell-Mann a făcut tot posibilul ca Zweig să fie acreditat cu meritele acestei idei, deşi avea obiceiul să-l ironizeze pe Zweig cu privire la modelul „cărămizilor din beton".

În cele din urmă fizicienii au ajuns la concluzia că, dacă ar exista un quark straniu, aşa cum sugerase Gell-Mann, el ar trebui să facă parte dintr-o pereche. Aşa încît au început să caute aşa-numitul „quark fermecat", tovarăşul quarkului straniu. Pe neaşteptate, dovada care a confirmat această idee a venit nu de la unul, ci de la doi cercetători care lucrau la instituţii separate: Samuel Chao Chung Ting de la Laboratorul Naţional Brookhaven, şi Burton C. Richter de la SLAC. Ţinînd cont de faptul că experimentele cu particulele elementare necesită luni, uneori ani de planificare şi presupun implicarea unui mare număr de savanţi care să le ducă la îndeplinire, posibilitatea ca două mari instituţii să lucreze la acelaşi proiect fără măcar

să ştie una de cealaltă este foarte redusă. Şi totuşi, în aceeaşi zi din noiembrie 1974 în care Ting a venit la SLAC cu gîndul să anunţe naşterea a ceea ce el denumise particula J, Richter a anunţat că, împreună cu echipa sa, descoperise aşa-numitul mezon psi. Ting a fost uluit şi, firesc, deloc fericit. Cei doi şi-au comparat însemnările şi au constatat că cele două echipe descoperiseră, absolut independent, aceeaşi particulă, pe care în cele din urmă au denumit-o mezonul J/psi. Nu a trecut mult pînă cînd cercetătorii şi-au dat seama că, datorită proprietăţilor pe care le avea, mezonul J/psi nu putea exista fără quarkul fermecat. Aşa încît Ting şi Richter nu numai că au descoperit, independent, o nouă particulă, dar au găsit şi dovada existenţei unui quark fermecător. Premiul Nobel pentru fizică le-a fost decernat în 1976 lui Ting şi Richter pentru descoperirile lor.

Aromă şi culoare

În vreme ce Gell-Mann căuta să aducă ordine în jungla haotică a particulelor subatomice, numărul noilor particule continua totuşi să crească. Dar continuau totodată să se încadreze în structura fundamentală pe care o schiţase el.

S-a ivit o nouă viziune privind particulele cu adevărat fundamentale, lipsite de structură, şi de nedescompus. Existau două tipuri de bază: quarkurile şi leptonii. În orice caz, din fiecare existau trei tipuri, cunoscute sub denumirea de „arome". (Bineînţeles, denumirea de *arome* este încă o exemplificare a simţului umorului manifestat de către fizicieni, şi nu are nimic de a face cu simţul gustului.)

Cele trei arome ale leptonilor sînt electronii (cunoscuţi savanţilor de ceva vreme), miuonii (sau mezonii miu) şi tauonii (sau mezonii tau). Fiecare aromă a leptonilor are

patru membri; de exemplu, electronul, neutrino, antielectronul şi antineutrino.

Quarkurile sînt ceva mai complicate. Perechile de quarkuri au început să fie considerate ca „arome" – un concept asemănător cu aromele leptonilor. Aşa încît fiecare aromă de quark are patru membri. De exemplu, aroma sus/jos include quarkul sus, quarkul jos, antiquarkul sus şi antiquarkul jos. Dacă se consideră perechile de quarkuri ca fiind paralele cu fiecare dintre cele trei arome ale leptonilor, atunci cele trei arome ale quarkurilor sînt quarkurile sus/jos, quarkurile straniu/fermecat şi, pentru a completa schema, o nouă pereche, quarkurile vîrf/fund.

Una dintre diferenţele esenţiale dintre leptoni şi quarkuri este aceea că quarkurile „simt" interacţiunea tare, în vreme ce leptonii sînt insensibili la aceasta. De asemenea, leptonii au sarcini întregi sau nule şi nu se combină. Quarkurile au sarcini fracţionare şi, după toate aparenţele, există numai în combinaţii.

În anii şaptezeci mai rămînea o singură mare întrebare referitoare la quarkuri. Dacă quarkurile nu pot fi găsite niciodată separat de combinaţiile pe care le formează, ce anume îi leagă atît de strîns?

O idee puternică la care subscriu practic toţi fizicienii este aceea că fiecare aromă diferită de quarkuri apare în trei varietăţi ale unei proprietăţi pe care leptonii nu o posedă. Această proprietate este denumită „culoare" (denumire atribuită de către Gell-Mann), iar cele trei varietăţi sînt denumite roşu, albastru şi verde. Evident, aceste denumiri sînt doar simbolice; aşa cum ştim, quarkurile nu au culoare.

Dar cînd quarkurile se combină în grupuri de cîte trei, ei se combină întotdeauna cîte unul din fiecare culoare:

roşu, albastru şi verde. Cele trei culori se anulează reciproc pentru a produce lipsa de culoare (aşa cum se întîmplă cu cele trei culori primare atunci cînd rotim un disc colorat în culorile respective).

Bineînţeles, quarkurile se combină totodată şi în perechi pentru a forma mezoni şi în acest caz, de exemplu, un quark roşu se va combina cu un quark antiroşu. Roşul şi antiroşul se vor anula reciproc şi se va obţine un rezultat lipsit de culoare.

Aşadar, culoarea a reuşit să explice cum se pot combina quarkurile uneori cîte doi, pentru a forma mezoni, alteori cîte trei, pentru a forma barioni. Studiul acestui proces – felul cum quarkurile se combină în culori pentru a produce lipsa de culoare – poartă numele de cromodinamică cuantică (QCD, de la termenul englezesc *quantum chromodynamics*). (*Cromo* vine de la cuvîntul grecesc pentru „culoare".) Teoria QCD demonstrează că neutralitatea culorii poate fi obţinută prin diferite combinaţii de quarkuri şi antiquarkuri.

Dar cum este transportată culoarea? Care sînt particulele mesager care joacă acelaşi rol pentru „forţa cromatică" pe care îl joacă fotonii pentru forţa electromagnetică? Fizicienii au propus particula numită *gluon* („glue-on", unde *glue* înseamnă clei sau lipici, în limba engleză), care poartă două versiuni de culoare: o culoare (roşu, albastru sau verde) şi anticuloarea corespunzătoare. Cînd aceşti gluoni sînt emişi sau absorbiţi de către quarkuri, ei modifică culoarea quarkului respectiv. „Naveta" permanentă pe care o fac aceşti gluoni serveşte la menţinerea laolaltă (sau „lipirea") a quarkurilor printr-o forţă puternică – făcută cu atît mai puternică de faptul că, atunci cînd quarkurile se îndepărtează unul de celălalt, forţa *creşte*, descrescînd atunci cînd se

apropie (exact invers faţă de forţa electromagnetică). Încercaţi să vă înconjuraţi degetele cu o bandă elastică. Dacă încercaţi să vă depărtaţi degetele, forţa care acţionează în sens invers depărtării acestora creşte. Liniile de forţă cromatică acţionează la fel ca şi fibrele de cauciuc dintr-un elastic. Cînd apropiaţi iar degetele, tensiunea exercitată de elastic scade – la fel se întîmplă şi cu forţele nucleare tari transportate de gluoni.

PARTICULE SUBATOMICE

Hadroni (se găsesc în interiorul nucleului):
Barioni (protoni, neutroni, hiperoni)
Antibarioni (antiprotoni etc.)
Mezoni (pioni, kaoni etc.)

Quarkuri
(probabil de 6 tipuri: sus, jos, straniu, farmec, vîrf, fund)
Antiquarkuri

Leptoni (se găsesc în afara nucleului):
electroni
neutrino
miuoni

Acest model complicat de atom – cu multele sale părţi componente şi felul cum sînt ţinute laolaltă, aşa cum a fost descris (foarte pe scurt) în ultimele două capitole – a devenit larg acceptat printre fizicieni. Pe lîngă toate particulele – hadronii, leptonii şi subcategoriile acestora –, patru forţe intră în acţiune în interiorul atomului: interacţiunea tare, care ţine unit nucleul; interacţiunea slabă, forţa din spatele radioactivităţii; forţa electromagnetică, care guvernează sarcinile electrice; şi gravitaţia, care acţionează numai la distanţe mari şi are efecte neglijabile asupra interiorului atomului.

În interiorul atomului, particulele mesager acţioncază pentru a transporta forţele tare, slabă şi electomagnctică. Mai recent, fizicienii au ajuns să numcască aceşti mesageri „bosoni etalon": fotonul pentru electromagnetism, W^-, W^+ şi Z^0 (aşa cum a prezis recent teoria interacţiunii electroslabe) şi opt gluoni pentru interacţiunea tare. Acum cînd avem de partea noastră quarkurile, vechea idee conform căreia protonii şi neutronii sînt ţinuţi laolaltă de către mezonii pi se dovedeşte incompletă. Aşa cum am văzut, protonii şi neutronii sînt alcătuiţi din quarkuri, iar mesagerii dintre aceste quarkuri sînt gluonii – care acţionează la un nivel mult mai fundamental decît s-a presupus anterior.

Dar şi acest model are probleme şi nu toată lumea este

Abdus Salam la o conferinţă ţinută la Rochester, New York

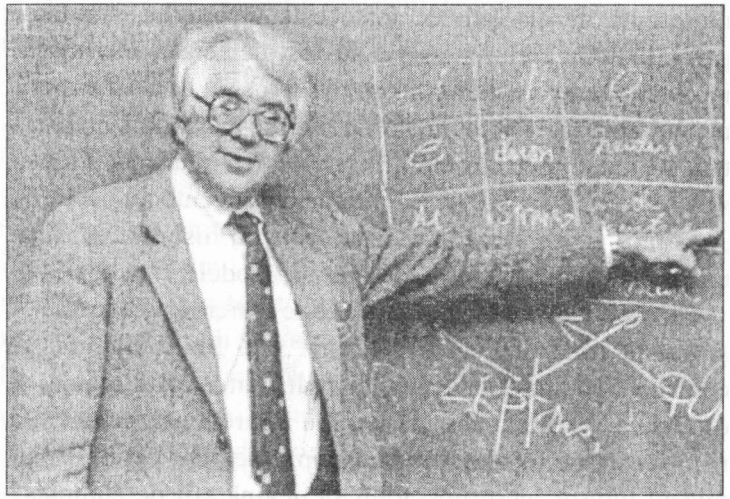
mulţumită de el. Întîi de toate este incomplet. Nu toate particulele pe care le descrie au fost detectate, nici măcar indirect. De exemplu, quarkul vîrf a fost confirmat experimental abia în 1994. Nimeni nu a descoperit încă neutrino tau. Au oare neutrinii masă de repaus? Nimeni nu a reuşit să spună dacă da sau nu. Şi alte inconsecvenţe au necesitat „reparaţii" şi soluţii improvizate, care au fost dintotdeauna un semn rău pentru o teorie sau un model.

În al doilea rînd, acest model este extrem de complicat – şi acesta fiind de regulă un semn rău. Fizicienii tind să considere că simplitatea, nu complexitatea, este regula, şi oriunde au explorat această idee cu rigurozitate, natura şi-a manifestat preferinţa pentru simplitate. De ce, în chiar miezul tuturor lucrurilor, totul să devină atît de complex? Majoritatea fizicienilor înclină să creadă că, într-un fel, nu am ajuns încă la viziunea adevărată, unificată şi simplă asupra lumii care ne înconjoară.

MAREA UNIFICARE

Mai mulţi oameni au încercat, totuşi, să ajungă la acea viziune mai simplă asupra lumii. Einstein şi-a petrecut ultimii ani din viaţă încercînd să ajungă la o mare teorie unificată a cîmpului (GUT = *Grand Unification Theory*) care să reunească toate forţele care acţionează în natură, dar nu a reuşit.

În anii şaizeci, americanul Steven Weinberg şi fizicianul britanico-pakistanez Abdus Salam au elaborat independent o teorie a interacţiei electroslabe care combină teoriile despre interacţiile electromagnetice şi interacţiile slabe, iar Sheldon Glashow, care a urmat împreună cu Weinberg cursurile la Bronx High School of Science (Liceul pentru



Sheldon Glashow

Ştiinţă din Bronx), a perfecţionat-o. Teoria lor a furnizat un „acoperiş" matematic peste cele două interacţii şi a fost elogiată ca primul mare pas către marea teorie unificatoare pe care o căutase Einstein. Şi, cu toate că nu a fost deplin demonstrată imediat, au existat suficiente dovezi experimentale pentru ca cei trei savanţi să primească premiul Nobel pentru fizică în 1979. Apoi, în 1983, folosind acceleratorul de la laboratorul CERN din Geneva, Carlo Rubbia şi Simon van der Meer au reuşit să descopere particulele W (W^-, W^+ şi Z^0) prezise de teoria interacţiunii electroslabe. A fost confirmarea finală de care avea nevoie teoria.

De atunci, încercările de a se ajunge la teoria unificatoare a tuturor celor patru forţe s-au intensificat, iar această căutare a deschis multe căi de explorare a ceea ce s-ar fi putut întîmpla în momentul în care a luat naştere universul – în primele secunde ale existenţei sale şi în

Steven Weinberg la o întrunire a fizicienilor care a avut loc la Chicago pe 8 februarie 1977

perioada imediat următoare. Descoperirile din fizica particulelor care au avut loc în ultimele cinci decenii au produs o foarte fructuoasă fertilizare încrucişată între fizicieni şi cosmologi, fiecare grup fiind entuziasmat şi contribuind la teoriile şi experimentele de ultimă oră din celălalt domeniu de cercetare, aşa cum vom vedea în capitolul următor. Dar mai întîi să explorăm unele dintre modalităţile prin care astronomii şi cosmologii au aflat mai multe despre univers şi obiectele care îl populează în a doua jumătate a secolului al XX-lea.

CAPITOLUL 3

STELE, GALAXII, UNIVERSUL ŞI CUM A ÎNCEPUT TOTUL

De la începutul existenței speciei umane, din cîte cunoaștem, oamenii au privit fascinați la obiectele îndepărtate de pe cerul nopții – le-au urmărit, le-au învățat obiceiurile, le-au reprezentat configurațiile și au atribuit semnificații modului de dispunere a acestora. Dacă stai întins pe iarbă pe o pășune situată pe o culme muntoasă, așa cum au făcut de bună seamă mulți oameni din vechime, poți vedea că cerul conține nenumărate complexități. Cu numai cîteva instrumente ajutătoare, babilonienii și egiptenii antici au realizat multe observații sofisticate. Dar din momentul în care Galilei a început să întrebuințeze telescopul la studierea stelelor și planetelor, în secolul al XVII-lea, informațiile despre lumea de dincolo de lumea noastră au început să se înmulțească uluitor. Planeta Jupiter avea sateliți, a descoperit Galilei, iar planeta Saturn avea inele. Pe măsură ce telescoapele s-au perfecționat, astronomii au început să depisteze noi structuri și au descoperit că există mai multe planete decît și-ar fi

imaginat cineva vreodată. În secolul al XIX-lea și-au extins metodele de analiză apelînd la fotografie și spectrografie (folosită pentru a studia distribuția energiei emise de sursele radiante, descompunînd lumina în culorile componente, ordonate după lungimile de undă).

Dar secolul al XX-lea, printr-o permanentă interacțiune între teorie și practică și prin „mariajul" dintre astronomie și fizică, a transformat complet modul de a înțelege imensitățile universului. În prima jumătate a secolului, teoria relativității elaborată de Einstein ne-a învățat că trăim într-un continuum spațio-temporal a cărui formă este determinată de masele obiectelor. Iar progresele înregistrate în teoria cuantică și fizica nucleară în primele decenii ale secolului au pregătit terenul pentru extraordinarele idei noi despre cum a început universul și istoria lui timpurie. În același timp, perfecționarea instrumentelor și a metodelor de observare a cerului a condus la descoperirea de noi tipuri de obiecte la care înainte nici nu s-a visat. Mai mult ca oricînd înainte, studiul astronomiei, astrofizicii și cosmologiei (studiul originii și structurii universului) este rezervat celor neînfricați și cu mintea cutezătoare. Replica lui Hamlet adresată prietenului său Horatio, „sînt mai multe lucruri în cer și pe pămînt, Horatio, decît au visat filozofii tăi" ar putea să constituie un moto pentru astronomii și fizicienii din a doua jumătate a secolului al XX-lea.

MAI MULTE LUCRURI DECÎT S-A VISAT...

La începutul anilor cincizeci, noapte după noapte, astronomul Allan Sandage urca cu ascensorul într-un punct situat la mare înălțime sub cupola Observatorului Hale de pe muntele Palomar, din apropierea localității californiene

Pasadena, pentru a se aşeza într-o instalaţie numită cuşca de focalizare principală, locul de observare al marelui telescop de 200 de ţoli (cinci metri). Cu degetele de la mîini şi de la picioare amorţite de răcoarea aerului de munte, Sandage preţuia solitudinea, intensitatea activităţii şi senzaţia de a se afla în cabina unei maşini a timpului. Era întîlnirea sa nocturnă cu stelele, de la care n-a lipsit niciodată.

Sandage şi colegii săi aveau la dispoziţie cel mai desăvîrşit echipament construit vreodată pentru astronomia optică. Construcţia telescopului Hale de 200 de ţoli abia fusese definitivată în 1948. (El continuă să aibă al doilea reflector ca dimensiuni din emisfera vestică; cel mai mare din lume este reflectorul de 400 de ţoli, cunoscut sub numele de Keck şi construit în 1991 pe Mauna Kea, un munte vulcanic din apropiere de Hilo, pe insula Hawaii.) Iar Sandage şi-a învăţat „meseria" pe excelentul telescop de 100 de ţoli din apropierea muntelui Wilson, sub îndrumarea lui Milton Humason. Angajat ca asistent al lui Edwin P. Hubble, marele maestru al măsurătorilor galactice, Sandage s-a angajat într-un proiect care promitea să-l ţină ocupat pînă la sfîrşitul vieţii. Hubble, care reuşise să măsoare distanţele pînă la galaxiile apropiate, întreprinsese un program de observare pe termen lung pentru măsurarea distanţelor pînă la galaxii mai îndepărtate şi, în cele din urmă, pentru a măsura dimensiunea universului. Descoperirea sa, numită Legea lui Hubble, stabileşte că, cu cît o galaxie este mai îndepărtată, cu atît este mai mare gradul în care lumina sa este deplasată spre extremitatea roşie a spectrului – cu alte cuvinte, cu atît mai rapid se îndepărtează de noi. Această „deplasare spre roşu" a luminii este de fapt o consecinţă a efectului Doppler, asemănătoare cu scăderea

frecvenţei sunetului unei sirene de tren sau a claxonului unui automobil atunci cînd trenul sau automobilul se depărtează de noi. În acest caz, deplasarea luminii este produsă de mişcarea galaxiilor care se îndepărtează una de cealaltă în procesul de expansiune a universului.

Misiunea lui Sandage era să fotografieze galaxiile şi să caute stele variabile în interiorul lor, aşa încît să poată măsura distanţele dintre ele. Cînd Hubble a murit în 1953, Sandage abia îşi începuse treaba. Dar Sandage a moştenit timpul alocat lui Hubble la telescopul de 200 de ţoli, precum şi toate diagramele şi înregistrările acestuia şi întreaga sa viaţă s-a axat pe măsurarea zonelor îndepărtate ale spaţiului şi timpului.

Aşa cum avea să spună mai tîrziu specialistul britanic în spectroscopie Leonard Searle: „Allan Sandage se concentrează cu o înverşunare incredibilă. Este un savant minunat. Se aruncă asupra lucrurilor. Pare a fi un om pasionat."

Pe baza examinării spectrelor caracteristice ale anumitor roiuri globulare, Sandage va conchide în cele din urmă, după mai mulţi ani, că acestea şi universul în general au o vîrstă mai mică de 25 de miliarde de ani. Folosind scara elaborată de Sandage, astronomii erau acum în măsură să măsoare distanţele pînă la galaxii de ordinul a cîteva milioane pînă la miliarde de ani-lumină.

Pentru astronomi a fost o perioadă de mare entuziasm. Apăreau constant noi dovezi pe care astrofizicienii şi colegii lor din alte discipline le foloseau pentru a explora probleme, precum: Există neutrinii? Ce se întîmplă atunci cînd o stea explodează? Cum evoluează stelele? Ce se întîmplă în interiorul lor?

NOI MODALITĂŢI DE OBSERVARE

Atunci cînd privim cerul de pe Pămînt, chiar şi printr-un telescop amplasat în vîrful unui munte şi departe de luminile oraşelor, privim printr-o ceaţă atmosferică ce deformează şi înceţoşează imaginea. Multe obiecte nu pot fi văzute clar, iar unele tipuri de radiaţie din afara spectrului vizibil al luminii nu pot fi detectate deloc. Dar, o dată cu naşterea zborurilor spaţiale cu rachetele în 1957, pentru prima oară în istorie a devenit posibilă observarea cerului din exteriorul păturii atmosferice.

În iulie 1962, Riccardo Giacconi şi colegii săi au instalat un detector de raze X la bordul unei rachete de explorare pentru a vedea dacă se pot găsi dovezi de fluorescenţă pe Lună. În acest proces, mica rachetă lansată de la White Sands, New Mexico, a făcut prima descoperire a unei radiaţii X cosmice, Scorpius X-1. (Denumirea semnifică faptul că este prima radiaţie X descoperită în constelaţia Scorpion, o constelaţie din emisfera sudică, situată parţial în Calea Lactee.) A găsi un obiect în partea invizibilă a spectrului electromagnetic (cel al razelor X) este ca şi cum ai auzi o bătaie la uşă, dar fără să vezi pe cineva acolo. Pînă nu deschizi uşa, nu ştii cine bate. În 1967, astronomii au reuşit să identifice Scorpius X-1 cu un obiect vizibil, o stea variabilă cunoscută sub denumirea de V 818 Sco. O a doua sursă, Taurus X-1, a fost descoperită în 1963 şi curînd s-a dovedit a fi nebuloasa Cancerului, un nor turbulent de gaz şi praf aflat în expansiune, de fapt rămăşiţele supernovei observate de astronomii chinezi şi japonezi în 1054. După aceste descoperiri a urmat o adevărată avalanşă de explorări efectuate cu rachetele şi baloanele de observaţie, iar pînă în 1970 astronomii au descoperit 25 pînă la 30 de surse

răspîndite în galaxia noastră. În decembrie 1970 a fost lansat primul satelit artificial cu raze X, *Uhuru*. Acesta a descoperit numeroase surse noi, majoritatea dovedindu-se a fi sisteme binare (compuse din cîte două stele).

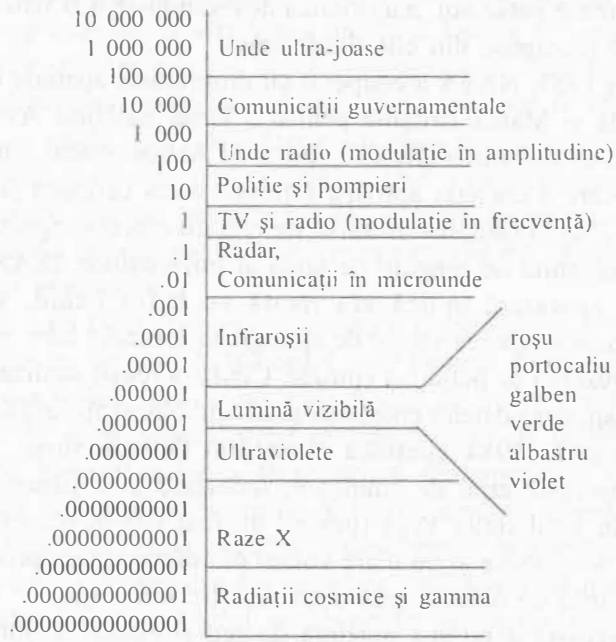
În 1983, NASA a cooperat cu programele spaţiale din Olanda şi Marea Britanie pentru a lansa Satelitul Astronomic cu Infraroşii (IRAS = Infrared Astronomical Satellite), care a cercetat aproape întreaga boltă cerească (mai puţin 2%) în căutarea de surse de radiaţii electromagnetice din domeniul de lungimi de undă al infraroşiilor. IRAS, a cărui aparatură optică era răcită cu heliu lichid, şi-a continuat misiunea vreme de aproape unsprezece luni, pînă cînd rezerva de heliu s-a epuizat. Cînd s-a reuşit analizarea şi organizarea datelor colectate, catalogul observaţiilor IRAS publicat în 1984 conţinea circa 300 000 de surse. Iar descoperirile erau de amploare, incluzînd şi o pătură de praf în jurul stelei Vega (posibil un fost sistem planetar), cinci noi comete şi un mare volum de informaţii cu privire la tipurile de obiecte care emit radiaţie infraroşie.

Această diagramă prezintă domeniul extrem al lungimilor de undă electromagnetice înregistrate.

Flota de navete spaţiale a Statelor Unite, cu prima lansare în 1981, a oferit o modalitate de plasare pe orbită a mai multor observatoare astronomice complexe, inclusiv Telescopul Spaţial Hubble în 1990 şi Observatorul cu Raze Gamma (GRO) în 1991.

Telescopul Spaţial Hubble a fost proiectat să scruteze depărtările cosmice şi trecutul temporal şi este capabil să producă imagini de o claritate fără precedent. Observaţiile sale pe parcursul următoarelor decenii se aşteaptă să aducă noi şi provocatoare lămuriri privind natura galaxiilor, a

DIAGRAMA SPECTRULUI ELECTROMAGNETIC



Lungimile de undă sînt exprimate în metri.

Această diagramă prezintă întregul domeniu al spectrului electromagnetic. Cifrele din stînga arată lungimile de undă (distanţa dintre două maxime succesive ale undei) corespunzătoare. Lumina vizibilă – care include toate culorile curcubeului – reprezintă numai o mică porţiune a spectrului electromagnetic, avînd lungimi de undă de ordinul a zece milionimi de metru. Razele ultraviolete, razele X şi razele gamma au lungimi de undă şi mai mici decît lumina vizibilă, în vreme ce undele infraroşii sînt mai lungi, iar cele radio sînt cu mult mai lungi, de ordinul metrilor sau chiar al zecilor de metri. În ultima jumătate a secolului al XX-lea, astronomii au elaborat metode de observare în regiunile de microunde, infraroşii, raze X şi raze gamma ale spectrului, pe lîngă lumina vizibilă.

sistemelor stelare şi a unor obiecte ciudate şi interesante cum ar fi quasarii, pulsarii şi galaxiile în explozie. Mai presus de toate, Telescopul Spaţial a fost proiectat pentru a se angaja în căutarea galaxiilor primordiale situate la distanţe de pînă la 14 miliarde de ani-lumină – aproape de momentul în care a început existenţa universului – şi să efectueze foarte profunde studii ale deplasărilor spre roşu pentru a determina structura universului la scară largă. De asemenea, Telescopul Spaţial a fost proiectat cu o capacitate de zece ori mai mare decît a celor mai bune telescoape terestre pentru a distinge detalii fine din apropierea cîmpurilor stelare şi a atmosferelor planetare. Amplasat pe o orbită circumterestră la 610 kilometri de Pămînt, el reprezintă cea mai mare speranţă a omenirii de a obţine răspunsuri definitive la întrebări cu privire la structura universului la o scară mare, inclusiv dimensiunea şi mişcarea acestuia. Din nefericire, după lansarea din 1990, a fost descoperită o defecţiune la una din oglinzile telescopului, ameninţînd să-i dezamăgească pe astronomii care i-au aşteptat datele timp de aproape douăzeci de ani. Deşi telescopul rămîne capabil să adune imagini valoroase din punct de vedere ştiinţific, defecţiunea respectivă a făcut ca distanţa „utilă" să fie de numai de trei pînă la patru miliarde de ani-lumină. Probleme suplimentare au apărut atunci cînd două dintre cele şase giroscoape ale satelitului s-au defectat în 1991. Oglinda a fost reparată în timpul unei misiuni a navetei spaţiale din decembrie 1993, iar cu noua optică instalată de către astronauţi Telescopul Spaţial este capabil să fotografieze stele situate la 10 pînă la 11 miliarde de ani-lumină – aproape de capacitatea proiectată iniţial.

Oamenii de ştiinţă sînt optimişti în legătură cu faptul

că telescopul reparat va fi capabil să înceapă să răspundă la cîteva întrebări fundamentale despre univers, cum ar fi: Care este mărimea şi vîrsta universului şi cît de rapid se extinde? Universul este deschis sau închis – se va extinde la nesfîrşit sau, la un moment dat, îşi va înceta expansiunea şi va începe să se contracte? Cum evoluează materia? Şi chiar există găurile negre? Telescopul reparat va putea să măsoare vitezele stelelor suspectate de a fi atrase spre centrul unor găuri negre, şi această observaţie va contribui esenţial la stabilirea existenţei găurilor negre.

Un alt satelit, Observatorul cu Raze Gamma, poartă cu sine patru „telescoape" mari, unele de mărimea unui automobil compact, fiecare dintre ele recunoscînd radiaţiile gamma dintr-un anumit domeniu energetic. Dat fiind că radiaţiile gamma, ca toate radiaţiile, nu pot fi detectate decît atunci cînd reacţionează cu materia, detectorii GRO convertesc radiaţiile în fulgere luminoase vizibile, care sînt numărate şi măsurate. Radiaţiile gamma sînt radiaţiile cu energia cea mai mare din spectrul electromagnetic, cu ordine de mărime cuprinse între zeci de mii şi zeci de milioane de electron-volţi (eV). (Prin constrast, lumina vizibilă produce doar cîţiva electron-volţi.) Radiaţiile gamma cosmice nu pot fi detectate deloc de pe Pămînt deoarece nu pot pătrunde prin atmosferă. Dar multe dintre cele mai interesante obiecte descoperite în ultimele decenii, printre care quasarii, pulsarii şi stelele neutronice, implică emisii puternice de energie care produc radiaţii gamma, iar astronomii speră să obţină noi lămuriri despre aceste structuri şi dinamica lor prin intermediul datelor colectate de GRO. Savanţii chiar cred că materia atrasă în găurile negre emite radiaţii gamma, caz în care ar exista

posibilitatea să întrezărească ceva din ea chiar înainte de a dispărea.

CE SE ÎNTÎMPLĂ ÎN INTERIORUL STELELOR?

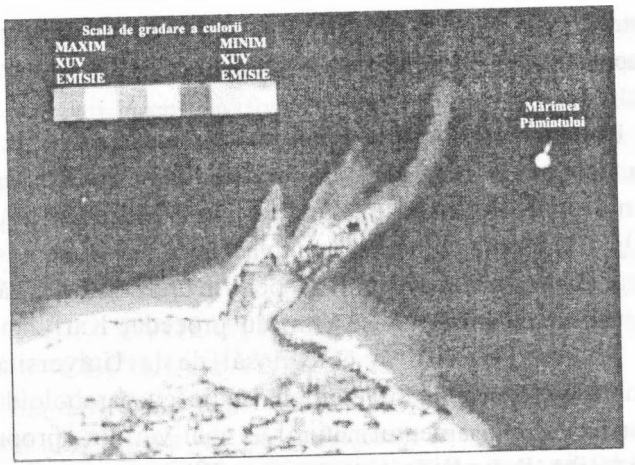
Hans Bethe a fost un fizician deosebit de valoros, specializat în fizica nucleară, care a studiat alături de Arnold Sommerfeld în ţara sa de origine, Germania, aşa cum au făcut Ernest Rutherford la Cambridge şi Enrico Fermi la Roma. Cînd Adolf Hitler a venit la putere, Bethe a plecat din Germania în Statele Unite, unde a pus umărul la construirea bombei atomice. Dar una dintre cele mai mari contribuţii ale sale la dezvoltarea ştiinţei constă în ideile cu privire la ceea ce se întîmplă în interiorul stelelor, idei pe care le-a pus la punct în 1938. El s-a folosit de cunoaşterea aprofundată a fizicii subatomice, ca şi de concluziile lui Arthur Stanley Eddington, conform cărora cu cît o stea este mai mare, cu atît mai mari sînt presiunea sa internă şi temperatura.

Bethe a început cu un nucleu de hidrogen (proton) şi un nucleu de carbon, cu care a demarat o serie de reacţii care au dus în final la reformarea nucleului de carbon şi formarea nucleelor de heliu (o particulă alfa). Cu alte cuvinte, „motorul" unei stele foloseşte drept combustibil hidrogenul, lăsînd în urmă heliul ca „cenuşă" şi carbonul drept catalizator. Deoarece stele precum Soarele nostru sînt compuse în principal din hidrogen, multe au suficient combustibil pentru a funcţiona miliarde de ani. Bethe a mai descris un al doilea scenariu posibil, în care nucleele de hidrogen formează direct o uniune (fără catalizatorul carbon) pentru a forma heliul în cîteva trepte, un mecanism

care ar putea avea loc la temperaturi mai scăzute. Bethe a primit în 1967 premiul Nobel pentru fizică.

În 1948, George Gamow a manifestat interes pentru ideea lui Bethe potrivit căreia reacţiile nucleare alimentează stelele şi constituie sursa lor de energie radiantă. Ca şi Bethe, Gamow era şi el fizician prin formaţie, deşi l-a preocupat astronomia de la vîrsta de treisprezece ani, cînd tatăl lui i-a dăruit un telescop cu ocazia zilei de naştere. Născut în Rusia, Gamow a studiat în Europa la mai multe universităţi, ajungînd, printre altele, să lucreze alături de Niels Bohr şi Ernest Rutherford. Călătorind în Statele Unite în anii treizeci, el a colaborat cu Edward Teller la o lucrare teoretică de fizică nucleară, acceptînd să predea la Universitatea George Washington, unde a şi decis să rămînă. Gamow a calculat consecinţele ideii lui Bethe şi a descoperit că pe măsură ce o stea îşi consumă combustibilul de bază, hidrogenul, devine din ce în ce mai fierbinte. El a emis ipoteza că, în locul unei răciri lente, Soarele nostru se va încălzi treptat şi în cele din urmă va distruge viaţa pe Pămînt prin coacerea şi poate chiar prin „înghiţirea" acestuia.

Studierea Soarelui din spaţiul cosmic a confirmat ideile lui Bethe şi Gamow privind fuziunea ca sursă de energie pentru stele, pe lîngă descoperirea multor alte adevăruri despre Soare, inclusiv existenţa unui vînt solar de particule atomice încărcate care trec în permanenţă pe lîngă planete în drumul lor grăbit spre marginea sistemului solar. În trei misiuni ale staţiei spaţiale americane Skylab care au avut loc în anii 1973 şi 1974, astronauţii s-au concentrat în principal asupra Soarelui, trimiţînd pe Pămînt 75 000 de fotografii ale activităţii solare, inclusiv şase explozii solare (eliberări explozive de energie din Soare).



Imagine a unei erupţii solare fotografiată de echipajul lui Skylab 3 *în august 1973. Observaţi cît de departe se extinde erupţia în spaţiu la numai 90 de minute de la declanşare*

NOI METODE, NOI DESCOPERIRI

În 1931, inginerul specialist în radio Karl Jansky din Oklahoma a folosit o antenă improvizată pentru a localiza sursele de interferenţă ale legăturilor telefonice radio şi a ajuns să întemeieze o ramură cu totul nouă a astronomiei – radioastronomia. El şi-a publicat primele rezultate în 1932, iar în 1933 a constatat că emisiile radio cereşti pe care le detectase proveneau din Calea Lactee.

Totuşi, domeniul nu a luat imediat amploare. Primele studii adevărate de radioastronomie au început în Australia în 1946, o dată cu studiile stelare conduse de E.G. Bowen. Apoi, în 1947, radioastronomii şi-au focalizat instrumentele asupra primului obiect radio detectat vreodată pe care îl puteau compara cu un obiect ceresc vizibil: Nebuloasa Cancerului. Astăzi, hărţile radio ale cerului pot fi folosite

pentru a crea imagini care ne ajută să „vedem" domenii de temperaturi şi diviziuni calorice în galaxiile şi stelele depărtate.

Un radiotelescop recepţionează undele radio utilizînd o antenă sau o „farfurie", de obicei o suprafaţă reflectorizantă concavă, asemănătoare ca formă cu o antenă de satelit şi construită din metal sau plasă metalică. Este posibil totuşi să construieşti o antenă pentru unde radio fără să construieşti „farfuria", aşa cum au procedat Karl Jansky sau Anthony Hewish şi colegii săi de la Universitatea Cambridge. Cea mai mare antenă radio cu paraboloid fix valorifică amplasamentul natural al unei văi din apropiere de Arecibo, Porto Rico. Construită în 1963, antena măsoară 300 de metri în diametru, întinzîndu-se pe o suprafaţă de zece hectare. Antena propriu-zisă constă din 40 000 de panouri reflectorizante individuale ataşate la o reţea de cabluri de oţel. Panourile focalizează undele radio provenite din spaţiul cosmic pe o platformă de detecţie suspendată deasupra antenei. În ultimii ani, radioastronomii au mărit rezoluţia echipamentelor lor prin construirea unor grupuri de antene, cum ar fi Very Large Array (VLA) recent definitivat la Socorro, New Mexico, cea mai mare grupare de radiotelescoape din lume. VLA este alcătuit dintr-un număr total de 27 de antene, aranjate în forma literei Y în centrul unei cîmpii netede şi pustii.

Radioastronomia nu a început să fie luată cu adevărat în serios decît după cel de-al doilea război mondial, dar de atunci astronomii au fost entuziasmaţi de această nouă metodă de cercetare a cerului. Undele radio pot străbate norii de praf din spaţiu care absorb lumina stelară şi stingheresc astronomia optică. Prin urmare, undele radio

sînt deosebit de utile în studierea centrului galaxiei noastre, pe care nu îl putem vedea deloc cu mijloacele obişnuite.

Radioastronomia a fost mijlocul folosit atunci cînd Allan Sandage şi Maarten Schmidt au descoperit quasarii şi cînd Anthony Hewish şi Jocelyn Bell au descoperit pulsarii.

EVOLUŢIA STELELOR: CECILIA PAYNE GAPOSCHKIN

Una dintre marile probleme explorate de astronomi în secolul al XX-lea a fost cea referitoare la istoria vieţii unei stele. Din momentul în care a devenit limpede că stelele se nasc, ard strălucitor atunci cînd sînt tinere, îmbătrînesc şi apoi mor, astronomii s-au grăbit să desluşească detaliile. Încă de la începutul carierei sale, unul dintre fruntaşii acestui proces a fost Cecilia Payne Gaposchkin (1900–1979), o femeie care, în a doua jumătate a secolului, a devenit cea mai cunoscută femeie-astronom a vremurilor noastre şi poate fi lesne considerată ca unul dintre cei mai de seamă astronomi ai tuturor timpurilor.

Cecilia Payne s-a născut la Wendover, Anglia, şi la 19 ani primea o bursă la Universitatea Cambridge, unde a fost îndemnată de către A.S. Eddington să se specializeze în astronomie. Harlow Shapley a invitat-o să lucreze la Observatorul Colegiului Harvard, unde s-a ocupat de spectrele stelare sub îndrumarea lui Annie Jump Cannon, care coordona, la Harvard, compilarea şi clasificarea vastului catalog de plăci fotografice conţinînd spectre stelare. (Cannon singură a clasificat circa trei sute de mii de spectre folosindu-şi propriul sistem.) La Harvard, Payne

Cecilia Payne Gaposchkin

şi-a definitivat teza de doctorat intitulată „Atmosferele stelare", despre care Otto Struve scria că este „cea mai bună teză de doctorat scrisă vreodată pe o temă de astronomie". La 24 de ani, Payne a sintetizat datele obţinute prin analizarea spectrelor şi propriile sale observaţii pentru a deduce temperaturile reprezentate de fiecare tip spectral şi elementele din care sînt compuse, în general, atmosferele stelelor. Om de ştiinţă talentat, Payne Gaposchkin se descria pe sine ca fiind un naturalist „de teren" care se pricepea „să adune laolaltă fapte care anterior părcau să nu aibă nici o legătură între ele şi să vadă acolo un model". Deşi era o persoană modestă şi nu asta voia să dea de înţeles, trăsătura pe care a descris-o este una dintre calităţile esenţiale ale unui mare teoretician.

În 1934, Payne s-a căsătorit cu Serghei I. Gaposchkin, expert în stele variabile, care se angajase recent la Observatorul Colegiului Harvard. Cei doi au fost coautori ai multor articole ştiinţifice. În anii cincizeci, Payne

Gaposchkin a scris trei lucrări importante despre evoluţia stelelor: *Stars in the Making* (1952), *Introduction in Astronomy* (1953) şi *Galactic Novae* (1957). În 1956 ea a devenit prima femeie din istoria Universităţii Harvard care a dobîndit titlul de profesor universitar, fiind totodată şi prima femeie care a devenit decan al facultăţii sale, un post pe care l-a deţinut vreme de doisprezece ani. Ultima ei lucrare, publicată în 1979, a fost *Stars and Clusters*.

Asemenea multor oameni preocupaţi intens de activitatea lor profesională, savanţii sînt uneori supuşi unor atacuri de gelozie atunci cînd un coleg face o descoperire importantă. Pentru a evita sentimentele de gelozie, Payne Gaposchkin recomanda colegilor ei de breaslă să se întrebe adesea dacă se gîndesc la progresul cunoaşterii sau la evoluţia propriei cariere profesionale. Este limpede că Payne era mai înclinată să se gîndească la progresul ştiinţei.

Quasarii

În anii cincizeci au fost descoperite mai multe surse radio compacte, dar radiotelescoapele din vremea aceea nu puteau localiza prea precis obiectele celeste, aşa încît era dificil să se coreleze aceste obiecte cu imaginile vizuale obţinute cu ajutorul telescoapelor optice. Una dintre aceste surse compacte, cunoscută sub denumirea 3C273, a fost blocată pentru vizualizarea optică de către Lună în 1962 şi aşa s-a putut stabili poziţia sa exactă. Fotografiile realizate de Allan Sandage cu telescopul Hale de 200 de ţoli din vîrful muntelui Palomar arătau în poziţia respectivă un obiect obscur, cu aspect stelar. Dar această stea avea un spectru neobişnuit, care conţinea linii de absorbţie ce nu

puteau fi identificate. Acest obiect, şi altele asemănătoare, au fost denumite surse radio quasi-stelare, pe scurt, *quasari*.

În 1963 Maarten Schmidt a descoperit că liniile de absorbţie din spectrul lui 3C273 erau unele obişnuite, numai că erau deplasate extraordinar de mult spre limita roşie a spectrului. În anii următori, astronomii au descoperit un mare număr de quasari cu deplasări spre roşu extrem de mari.

Spectrul unei stele nu dezvăluie doar compoziţia chimică a acesteia, dar pe baza deplasării spre roşu, datorată efectului Doppler, se poate deduce viteza ei relativă faţă de Pământ. Multe sisteme stelare din afara galaxiei noastre prezintă o deplasare a spectrelor lor electromagnetice spre limita roşie a spectrului, iar astronomii acceptă acest fenomen ca fiind o manifestare a efectului Doppler, indicînd viteza cu care aceste sisteme se îndepărtează de noi, de fapt, o confirmare a expansiunii universului. Deplasările spre roşu provocate de expansiunea universului sînt denumite deplasări spre roşu cosmologice. Dacă deplasările spre roşu ale quasarilor sînt cosmologice, atunci aceste corpuri cereşti trebuie să se situeze la distanţe extraordinare – de circa un miliard de ani-lumină –, ceea ce face ca ele să fie cele mai depărtate obiecte observate vreodată cu ajutorul telescopului. Totodată, deoarece pot fi observate de la asemenea distanţe, energia pe care o emit trebuie să fie enormă. Aşa cum a arătat Hubble, viteza cu care se îndepărtează de noi un obiect cosmic este proporţională cu distanţa. Aceasta a condus la ideea că universul a fost creat în urma unei explozii uriaşe şi că galaxiile sînt rămăşiţele rezultante care zboară în toate direcţiile. Şi mai înseamnă că quasarii se află la nişte distanţe foarte, foarte mari.

Descoperirea quasarilor a provocat o mare tulburare printre astronomi. Drept consecinţă, fie se punea la îndoială valabilitatea acestei unităţi de măsură astronomice, deplasarea spre roşu, fie se accepta că în cosmos există procese pentru care nu avem nici un fel de explicaţie. Au fost detectaţi quasari despre care se crede că se află la o distanţă mai mare de 12 miliarde de ani-lumină. Probabil că sînt galaxii cu centre foarte active, dar fiind atît de depărtate, par a fi stele singulare foarte întunecate.

Cu toate acestea, nu toţi astronomii sînt convinşi că quasarii manifestă deplasări spre roşu cosmologice. De exemplu, astronomul american Halton Arp a descoperit cîteva sisteme constînd dintr-un quasar şi o galaxie care par a fi conectate fizic, dar prezintă deplasări spre roşu foarte diferite în spectrele lor. Ceea ce l-a determinat să susţină că aceste deplasări spre roşu trebuie să fie provocate de un mecanism încă necunoscut, altul decît expansiunea universului. Majoritatea astronomilor consideră însă că quasarii prezintă deplasări spre roşu cosmologice şi că sistemele descoperite de către Arp sînt conectate doar în aparenţă, ele aflîndu-se în realitate la distanţe foarte diferite faţă de Pământ.

FEBRA FUZIUNII RECI

Menirea ştiinţei este să găsească răspunsuri pentru cele ce nu se cunosc şi toţi oamenii de ştiinţă lucrează la descoperirea răspunsurilor, fie ele mari sau mici. Mulţi visează să facă nişte descoperiri spectaculoase care să uimească lumea şi să-i facă celebri. Dar în a doua jumătate a secolului al XX-lea, cel puţin din punctul de vedere al

savanţilor aparţinînd altor discipline, s-ar putea spune că fizicienii au beneficiat de o parte însemnată în descoperirile importante.

Aşa încît entuziasmul reputaţilor chimişti B. Stanley Pons şi Martin Fleischmann atunci cînd au văzut rezultatele experimentelor lor din martie 1989 este de înţeles. După toate aparenţele, cei doi reuşiseră imposibilul, izbutind să-i depăşească pe fizicieni pe propriul lor teren. Imediat a fost convocată o conferinţă de presă şi de-aici totul a scăpat de sub control. Cei doi i-au anunţat pe reprezentanţii presei adunaţi la Universitatea Utah din Salt Lake City că au descoperit o metodă de generare a căldurii curate în urma unor reacţii nucleare care au loc la temperatura camerei, reacţii ce folosesc doar apa drept combustibil.

Fuziunea rece, cum a ajuns să fie numit acest proces, ar fi însemnat energie ieftină şi o imensitate de posibilităţi pentru cei ce deţineau secretul. Era transformarea în realitate a visului străvechi al alchimiştilor. Universitatea Utah, dornică să obţină fondurile şi prestigiul pe care această descoperire şi continuarea cercetărilor le-ar fi adus instituţiei, a susţinut ideea înfiinţării unui Institut pentru Fuziunea Rece la nivel naţional. Guvernatorul şi autorităţile legislative ale statului Utah au promis cinci milioane de dolari pentru dezvoltarea ideii. Audierile în faţa Comisiei pentru Ştiinţă, Spaţiu şi Tehnologie a Camerei Reprezentanţilor au avut drept consecinţă propunerea ca o sumă de 25 de milioane din fondurile federale să fie rezervată cercetărilor cu privire la fuziunea rece în Utah.

Dar pînă la urmă a reieşit că lucrurile nu stăteau chiar aşa de bine precum părea. S-a dovedit că Fleischmann şi Pons nu respectaseră toate elementele de control obligatorii

(elemente de control care ar fi trebuit să stabilească nişte standarde de comparaţie pentru verificarea rezultatelor). Alte laboratoare au întîmpinat dificultăţi în reproducerea rezultatelor lor. (Aceasta fiind o altă caracteristică necesară a experimentelor ştiinţifice: rezultatele trebuie să fie reproductibile.) Fleischmann şi Pons au afirmat că ceilalţi savanţi nu efectuau corect experimentele, dar au refuzat să ofere detalii. Firesc, fiindcă în joc erau sume de bani atît de mari, refuzul lor de a manifesta o minimă deschidere ar putea fi înţeles. Dar pînă la urmă nu au putut să-şi apere rezultatele. Presaţi, probabil, de nerăbdarea excesivă a administratorilor universităţii sau de propria lor ambiţie, ei au vorbit prea curînd, înainte de a fi siguri pe rezultatele obţinute. Undeva, cumva, făcuseră o eroare. Fleischmann, profesor vizitator de electrochimie de la Universitatea Southampton din Anglia, era un savant distins, cu o reputaţie considerabilă. Pons era profesor angajat permanent al Universităţii Utah. Amîndoi s-au ales cu reputaţiile serios afectate, iar Pons a plecat din Utah. Rectorul universităţii Utah, cel care le spusese ziariştilor că fuziunea rece „se situează pe acelaşi plan cu focul, cultivarea plantelor şi electricitatea", a demisionat. Iar nou-înfiinţatul Institut pentru Fuziunea Rece şi-a închis porţile. Febra s-a domolit.

Agitaţia stîrnită de fuziunea rece ilustrează, mai presus de toate, cît de naivi putem fi cu toţii. Ideea de fuziune rece a alimentat visele unui număr atît de mare de oameni încît a reuşit să înfrîngă, chiar dacă pentru scurt timp, scepticismul, evidenţiind faptul că, după cum spunea cîndva Richard Feynman, „Primul principiu este că nu trebuie să te păcăleşti singur, căci tu eşti persoana cel mai uşor de păcălit". Incidentul mai demonstrează că ştiinţa, în întregul

ei, nu se lasă păcălită mult timp. Ştiinţa este un proces care se autocorectează şi, mai devreme sau mai tîrziu, dacă a apucat-o pe o cale greşită, ea îşi descoperă propriile erori, reface drumul parcurs şi caută răspunsuri mai bune.

MILTON HUMASON: UN ASTRONOM ÎNNĂSCUT

Despre Milton Humason (1891–1972), şi el un astronom de la Observatorul Mount Wilson, se poate spune că a început cu adevărat de la poalele muntelui şi şi-a croit drumul spre vîrf prin muncă. Mai întîi a făcut parte dintre oamenii care însoţeau catîrii cu care se căra echipamentul pe cărările abrupte ce duceau la observatorul situat în nordul oraşului Los Angeles. Ulterior a fost promovat la rangul de picol în sala de mese, apoi a lucrat ca om de serviciu în sălile observatorului propriu-zis. Dar pasiunea sa pentru astronomie a învins pînă la urmă. Primul pas l-a reprezentat şansa care s-a ivit de a lucra ca asistent la unul dintre telescoapele mai mici de pe munte. Deşi nu avea decît opt clase, el şi-a perfecţionat pregătirea prin întrebări avide, lecturi şi studiu, iar în 1928 a devenit colaboratorul apropiat al lui Edwin Hubble.

Lucrînd sub îndrumarea lui Hubble, apoi de unul singur şi cu alţi astronomi de la observatoarele de la Mount Wilson şi Palomar, Humason a măsurat deplasările spre roşu ale luminii provenite de la mii de galaxii îndepărtate. Observator pasionat şi talentat, el a devenit expert în obţinerea spectrogramelor măsurabile ale unor galaxii îndepărtate, cu luminozitate slabă. Observaţiile sale au confirmat faptul că legea lui Hubble rămîne valabilă în întreg universul observabil.

Milton Humason

O eroare în date

În iulie 1967, Anthony Hewish şi studenţii săi au întins o antenă lungă pe un teren din apropierea Laboratorului Cavendish din Anglia, dorind să creeze un radiotelescop mai puternic cu care să studieze „licăririle", sau scintilaţiile, luminii stelelor din domeniul undelor radio. Misiunea de a verifica zilnic diagramele obţinute în căutarea unor date interesante a revenit studentei Jocelyn Bell. În august, ea a observat o licărire ciudată într-un punct al boltei cereşti în care de regulă nu apărea aşa ceva. Hewish a crezut că este vorba de un zgomot în receptor. Au rîs şi au considerat acest semnal ca venind de la „omuleţii verzi" şi au continuat să colecteze date. Dar nu numai că semnalul a persistat, însă Bell a mai găsit alte trei surse radio pulsatorii. Atunci

au început să-şi dea seama că datele lor reflectau existenţa unui fenomen real: un tip de obiect care nu mai fusese detectat pînă atunci. Au început să caute explicaţii pornind de la legile cunoscute ale fizicii.

Hewish, Bell şi colegii lor descoperiseră pulsarii (numiţi astfel fiindcă pulsează), iar oamenii de ştiinţă şi-au dat seama că ei detectaseră stele neutronice – un tip de stele care au devenit atît de dense încît ar putea avea o masă egală cu a Soarelui nostru, deşi nu depăşesc în dimensiuni un munte terestru. Cu toate că existenţa stelelor neutronice fusese bănuită, nimeni nu le detectase pînă atunci.

CEI CARE ASCULTĂ: CĂUTAREA INTELIGENŢELOR EXTRATERESTRE

Un mic grup de savanţi pasionaţi şi vizionari – printre care şi reputatul astronom american Carl Sagan – au participat activ la punerea în practică a unui program de căutare a inteligenţelor extraterestre (SETI = *Search for Extraterrestrial Intelligence*). În vreme ce probabilitatea ca extratereştrii să ajungă vreodată aici este mică (parcurgerea distanţelor care ne despart de majoritatea punctelor din univers nu s-ar putea realiza decît pe durata cîtorva generaţii), mulţi savanţi consideră că într-o bună zi s-ar putea să primim un semnal de pe o planetă asemănătoare cu Pămîntul, dintr-un alt sistem solar situat undeva în univers. Iar cînd acest semnal va sosi, nu-l vom putea recunoaşte decît dacă ascultăm.

Căutarea semnalelor provenite de la civilizaţii situate dincolo de limitele sistemului nostru solar ar putea fi totuşi

asemuită cu găsirea unui ac într-o căpiţă de fîn cosmic sau cu încercarea de a auzi un greiere peste zgomotul produs de cascada Niagara – punîndu-ţi mereu întrebarea dacă într-adevăr *există* un ac sau un greiere. Ori dacă nu cumva, în final, nu vom descoperi altceva decît o grămadă de reziduuri aleatoare, ori stăruinţa implacabilă a naturii gălăgioase.

Dar unele întrebări par a fi eterne, adînc înrădăcinate în conştiinţa umană. „Sîntem singuri?" – este una dintre aceste întrebări, iar în ultimele două decenii ale secolului al XX-lea instrumentele tehnologice s-au maturizat de-ajuns pentru a permite desfăşurarea unor experimente bine conturate orientate spre găsirea răspunsului. Savanţii din lumea întreagă au început să „cearnă" marea varietate de semnale din spaţiu într-o operaţiune de cercetare bine organizată.

Aşa cum remarca astrofizicianul şi savantul SETI Bernard M. Oliver într-un interviu din 1986, „Dacă avem dreptate, atunci, în ultimele cîteva miliarde de ani, un mare număr de civilizaţii inteligente s-au dezvoltat ca nişte insule în această galaxie, şi pentru mine este de neconceput ca toate acestea să-şi parcurgă întreaga istorie într-o stare de izolare".

Primul progres important obţinut prin metodele SETI s-a produs în 1959, cînd doi savanţi, Philip Morrison şi Giuseppe Cocconi, au sugerat că radioastronomia ar putea fi utilizată în comunicarea cu alte lumi.

De ce radioastronomia? Aşa cum explica Oliver: „În interesul economiei şi al eficienţei, un purtător de mesaje ar trebui să îndeplinească următoarele criterii: (1) energia... trebuie redusă la minimum, cînd celelalte aspecte rămîn

neschimbate; (2) viteza trebuie să fie cît mai mare posibil; (3) particulele trebuie să fie uşor de generat, lansat şi capturat; (4) particulele nu trebuie să fie absorbite şi deviate cu uşurinţă de către mediul interstelar".

Aceste criterii sînt lesne îndeplinite de către undele radio, care sînt rapide, eficiente şi relativ ieftine. Prin urmare, pare cît se poate de logic ca civilizaţiile inteligente (dacă există) să aleagă spectrul radio pentru a trimite semnale care să străbată imensele distanţe ale spaţiului interstelar.

Prima căutare a inteligenţelor extraterestre cu ajutorul radiotelescopului a fost un proiect numit Ozma, iniţiat în 1960 de către pionierul SETI Frank Drake de la Observatorul Radio Astronomic Naţional din Greenbank, Virginia de Vest. Drake a ales două stele apropiate de tip solar, Tau Ceti şi Epsilon Eridani, şi a petrecut un număr de 150 de ore „în ascultare". Nu a găsit nimic, dar a făcut un început.

După Ozma, peste treizeci de experimente SETI au fot lansate în Statele Unite, în fosta Uniune Sovietică, Australia şi Europa – toate fără nici un rezultat. Cu toate acestea, deşi numărul total al orelor de ascultare a fost foarte mare, radioastronomii au acoperit doar o mică porţiune din întreaga gamă de posibilităţi. Au rămas de explorat un număr aproape nesfîrşit de combinaţii de direcţii, segmente de spectru şi tipuri de modulare a semnalului.

În anii optzeci şi nouăzeci, noile tehnologii şi enormele capacităţi de prelucrare a datelor ale computerelor moderne au revoluţionat cercetarea. Analizoarele multi-canal pot acum să „înghită" literalmente milioane de canale radio simultan. Unul din proiecte, organizat de un grup nonprofit numit Planetary Society (Societatea Planetară), a inaugurat în septembrie

1985 un analizor cu 8,4 milioane de canale. Proiectul SETI al NASA, care a pierdut în 1993 finanţarea din partea Congresului, dar a reuşit să se menţină în viaţă mulţumită finanţărilor private, foloseşte circuite electronice VLSI (*Very Large Scale Integrated* – Integrare la scară foarte mare) pentru a recepţiona circa 10 milioane de canale de frecvenţă. Datele în timp real obţinute de la telescoape sînt analizate de acest echipament pentru decelarea celor semnificative, fiind apoi transmise la un analizor de semnal care, la rîndul lui, le transmite mai departe unui computer puternic.

Întrebată cu ce se ocupă mama ei, fiica astronomului Jill Tarter răspundea: „Îi caută pe omuleţii verzi". Dar pentru Tarter, SETI înseamnă ştiinţă serioasă şi pasionantă, şi şi-a petrecut cea mai mare parte a carierei profesionale căutînd căi din ce în ce mai sofisticate tehnologic de a „asculta" efectiv semnalele de la alte lumi

În absenţa acestui proces de selecţie automatizat, volumul de informaţii de la radiotelescoape – miliarde de biţi de date digitale – ar fi imposibil de prelucrat. Înainte ca metodele mai avansate să devină disponibile, o perioadă de observaţie de cinci zile putea produce 300 de benzi de

date sau chiar mai multe. La rîndul ei, prelucrarea datelor de pe acelę benzi pe calculator putea să dureze pînă la doi ani şi jumătate. După un asemenea experiment, astronomul Jill Tarter a desenat o caricatură care înfăţişa două picioare ieşindu-se de sub un munte de foi imprimate de calculator, pe care a intitulat-o „Îngropat de viu!" „Dacă nu lucrezi în timp real, n-ai nici o şansă", avea ea să explice ulterior. Cu alte cuvinte, dacă nu prelucrezi datele pe măsură ce sosesc – adică în timp real – vei constata că „nu le poţi nici stoca, nici prelucra cu inteligenţa umană. Trebuie să dispui de ceva mult mai specializat care, după ce i-ai comunicat regulile, să acţioneze întocmai, coerent şi cu maximă concentrare". Sarcina necesită un echipament care să poată înlătura imensa cantitate de zgomote irelevante şi să reţină doar semnalele care ar putea prezenta interes. Asta este ceea ce face noua tehnologie.

Dar deţinerea echipamentului rezolvă doar parţial problema. Dată fiind imensitatea universului, unde să cauţi? Şi ce anume să cauţi? De regulă, cercetătorii SETI adoptă una dintre următoarele metode: focalizarea pe cîteva stele „probabile" cu echipament sensibil sau folosirea unui echipament mai puţin sensibil pe o gamă mai largă de frecvenţe, pentru a baleia toată bolta cerească. Este o sarcină uriaşă, care ar putea să nu dea rezultate pozitive într-o viaţă de om. În plus, este un proiect cu o mulţime de „dacă". Mai întîi, cît de probabil este ca civilizaţiile extraterestre, dacă există, să respecte acelaşi tip de logică, să aleagă aceleaşi frecvenţe şi să le orienteze în direcţia noastră? Şi, poate chiar mai important, ce i-ar putea determina să facă această tentativă costisitoare ca să ajungă la noi? Sau eventualii savanţi extratereştri n-ar avea oare dificultăţi să-i

convingă pe membrii nu ştiu cărui congres galactic să finanţeze o întreprindere atît de ambiţioasă şi, posibil, inutilă? De asemenea, ţinînd cont de miliardele de ani de existenţă a universului, s-ar putea ca momentul în care noi am atins capacitatea de a recepţiona din cosmos semnale de la alte civilizaţii să nu coincidă cu momentul de sosire al semnalelor. Un semnal provenit de la o sursă situată la o depărtare de patru ani-lumină ar avea nevoie de doar patru ani pentru a ajunge aici, pe cîtă vreme un semnal trimis astăzi de către o civilizaţie situată la o sută de ani-lumină ar avea nevoie de o sută de ani ca să ajungă la noi.

Indiferent însă dacă răspunsul îl vom afla peste zece, douăzeci, cincizeci sau chiar peste o sută de ani, cei mai mulţi dintre cercetători sînt de acord că avem ce învăţa nu numai din răspunsurile pe care le vom găsi sau nu, dar şi din felul în care căutăm.

Aşa încît căutarea continuă. Este oare inteligenţa un fenomen izolat, iar Pămîntul singura sa voce? Sîntem doar un capriciu de scurtă durată al naturii sau facem parte dintr-o comunitate cosmică mai mare? Sînt în stare civilizaţii ca a noastră să reziste destul de mult pentru a ajunge la alte lumi, sau omenirea este condamnată la pieire, singură şi nebăgată în seamă, un drum înfundat în labirintul naturii? Există în spaţiul cosmic şi alte glasuri ca al nostru, alţi cercetători în bezna cosmică, în căutarea luminii şi a prieteniei? În căutarea speranţei? Doar timpul – şi programele SETI de pe tot cuprinsul globului – ne vor putea da un răspuns.

LA ÎNCEPUT...

De secole oamenii s-au întrebat cum a început universul şi cum sau dacă s-ar putea sfîrşi, iar ultima jumătate a secolului al XX-lea nu face excepţie. Dar majoritatea astronomilor din anii cincizeci au încercat să evite întrebarea atunci cînd s-a pus problema găsirii unei explicaţii ştiinţifice. George Gamow a fost o excepţie. În 1948, Gamow a elaborat un scenariu care imagina formarea diferitelor părţi ale universului ca urmare a unei explozii de genul „oului cosmic" originar sau a „superatomului" sugerat de Lemaître. Fiind un foarte citit popularizator de ştiinţă, Gamow a dobîndit în scurt timp celebritatea pentru această idee despre începuturile universului, chiar dacă n-a fost nici pe departe larg acceptată.

De fapt, mulţi savanţi erau de părere că problema „începutului" fie depăşea domeniul de cuprindere al ştiinţei, fie era jignitoare. Fizicianul britanic Fred Hoyle, şi el un promotor al ştiinţei popularizate, s-a numărat printre aceştia şi, împreună cu austriecii Hermann Bondi şi Thomas Gold, a venit cu o altă idee ca replică la teoria lui Gamow. Iritaţi de ideea unui început exploziv al vremurilor, ei au schiţat tabloul a ceea ce au denumit „univers static", în care materia este creată neîncetat şi alimentează la rîndul ei expansiunea constatată de Hubble atunci cînd a observat că galaxiile se îndepărtează de noi. Hoyle a luat în derîdere teoria lui Gamow, pe care a numit-o „Big Bang". Imaginaţi-vă uimirea lui cînd denumirea a fost adoptată de toată lumea.

Fondul de microunde

Între timp, în 1964, doi cercetători de la Laboratoarele Bell din New Jersey – Arno Penzias (n.1933) şi Robert W. Wilson (n.1936) – foloseau marea antenă radio a laboratoarelor pentru a căuta semnale slabe venite din cosmos. Aveau însă mari dificultăţi în obţinerea unui semnal mai clar din cauza zgomotului de fond. Atunci s-au hotărît să demonteze echipamentul. Au verificat discul antenei şi conexiunile. Au găsit chiar şi porumbei care cuibăriseră în discul antenei, aşa că au luat cu grijă păsările şi le-au dus la o distanţă de cîţiva kilometri, ca să-şi facă cuib în altă parte. Porumbeii au revenit. Au fost iar îndepărtaţi. Nimic nu reuşea să elimine zgomotul de fond din domeniul microundelor pe care îl auzeau savanţii. Încet, încet şi-au dat seama că semnalul pe care îl auzeau provenea din spaţiu.

Penzias şi Wilson descoperiseră o realitate fundamentală a naturii: o radiaţie de fond constantă, din domeniul microundelor, atotprezentă în univers. Ca un ecou de mari proporţii, această radiaţie pare să presupună un eveniment colosal din trecut care a ridicat temperatura întregului univers cu atît de mult timp în urmă încît acum căldura s-a disipat *aproape* în totalitate. A fost prima confirmare reală a ideii propuse în 1948 de tînărul Gamow, care nu numai că prezisese existenţa acestei radiaţii, dar îi calculase corect temperatura exactă ca fiind de 3°K.

Apoi, în 1992, o altă dovadă a ieşit la lumină. Echipa ştiinţifică ce se ocupa cu prelucrarea datelor expediate înapoi spre Pămînt de către satelitul Cosmic Background Explorer (COBE) a anunţat că, spre deosebire de dovezile precedente, noile date indicau că fondul de radiaţii cosmic prezintă „denivelări". Pînă atunci, datele adunate de Wilson şi Penzias şi toţi ceilalţi cercetători care au urmat indicaseră că temperatura radiaţiei de fond este aceeaşi, indiferent în ce porţiune a cerului se măsura. Pe baza acestei temperaturi constante, savanţii au dedus că la începuturile

sale universul trebuie să fi fost calm şi uniform, total lipsit de neregularităţi. Oriunde ne uităm pe cer vedem grupări de materie – galaxii, nebuloase – separate de spaţii goale. La acest tip de repartizare a materiei se referă cosmologii cînd vorbesc de „neregularităţi".

Noile date conving prin cantitate. COBE, lansat de NASA în 1989, a efectuat cîteva sute de milioane de măsurători de temperatură numai în primul an de mişcare orbitală. În această imensă cantitate de date, echipa de la sol angrenată în programul COBE a descoperit variaţii infime de temperatură, de plus sau minus 30 de milionimi de grad în regiuni unde fluctuaţii minuscule ale densităţii gazului au apărut la începuturile universului, la circa 300 000 de ani după Big Bang. (Cînd vorbim de o perioadă de numai 300 000 de ani de la începuturile timpului, este ca şi cum, dacă ne-am referi la o viaţă de om, am vorbi de prima zi din viaţa unei persoane în vîrstă de 90 de ani.)

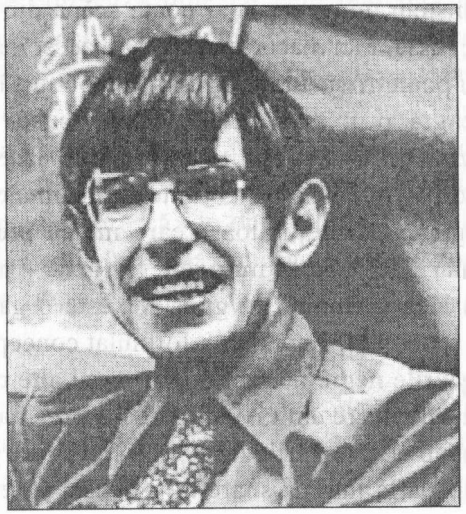
O dată cu expansiunea universului, aceste regiuni cu fluctuaţii de temperatură s-au extins şi ele, astfel încît acum zonele detectate de COBE cuprind milioane de ani-lumină. De fapt, sînt atît de întinse încît nu ar putea fi precursoare nici ale celor mai mari grupări de galaxii pe care le-am observat. Dar descoperirea lor i-a făcut pe savanţi să spere că vor apărea şi alte fluctuaţii de densitate, de dimensiuni mai mici. Totodată, ele păreau să susţină modelul „inflaţionar" al naşterii universului.

Bineînţeles, indiferent dacă universul a început cu un Big Bang sau altfel, ideea unui eveniment al creaţiei ridică oricum întrebarea referitoare la proveniența materiei cu care a început totul. Dar asta, aşa cum spunea cîndva cosmologul Stephen Hawking, e ca şi cum ai întreba ce se află la cinci

kilometri spre nord faţă de polul nord. Sau, într-o altă formulare, orice întrebare referitoare la „înainte de Big Bang" este contrară fizicii. Timpul există în interiorul universului – universul nu există în interiorul timpului.

Găuri negre

Între timp, la Universitatea Cambridge avea loc o luptă cu caracter personal pronunţat. Tînărul aspirant Stephen Hawking tocmai primise o veste înfiorătoare – un diagnostic care explica de ce, în ultimii cîţiva ani, mersul şi vorbirea sa deveniseră tot mai puţin coordonate. Suferea de o afecţiune cunoscută sub numele de boala lui Lou Gehrig (scleroză laterală amiotrofică), o boală paralizantă degenerativă care urma să-l ţintuiască în scaunul cu rotile doar peste cîţiva ani. În anii care urmau nu se putea aştepta decît la o incapacitate fizică crescîndă şi, în cele din urmă, la moarte. Tînărul aspirant a suferit imediat o depresie. De



Stephen Hawking

ce să continue cariera promiţătoare pe care abia o începuse? De ce să insiste? Vreme de cîteva luni a renunţat la orice fel de activitate.

Deşi sănătatea lui Hawking nu mai putea fi recuperată, din fericire pentru ştiinţă – nu acelaşi lucru s-a întîmplat cu cariera sa. Îndrumătorul lui a avut ideea de a-i încredinţa o problemă care să fie atît de fascinantă încît tînărul aspirant să nu-i poată rezista. Aşa a început Hawking să analizeze detaliile de finețe în legătură cu găurile negre, devenind un expert renumit în toată lumea pe acest subiect, unul dintre cele mai provocatoare din astronomia modernă.

Fizicianul american John Archibald Wheeler (n.1911) a inventat termenul *black hole* (gaură neagră) în anii şaizeci pentru a descrie structura atunci cînd o stea se prăbuşeşte în ea însăşi şi, în cele din urmă, se micşorează pînă cînd rămîne un punct în spaţiu, o singularitate. Cînd acest lucru se întîmplă, în conformitate cu teoria relativităţii a lui Einstein, nimic nu mai poate scăpa din uriaşa concentrare de masă, nici măcar lumina. Din acest motiv, o gaură neagră nu poate fi văzută. Nimeni nu a putut să localizeze o gaură neagră prin nici un fel de mijloace, dar astronomii şi fizicienii sînt siguri că ele trebuie să existe în univers şi motive întemeiate – bazate pe semnalele provenite de la regiunea înconjurătoare care indică prezenţa unui obiect, chiar dacă acesta nu poate fi văzut – permit să se creadă că locaţia numită Cygnus X1 este o gaură neagră.

În 1974, Hawking a formulat conceptul conform căruia „găurile negre nu sînt negre" – cu alte cuvinte, el crede că găurile negre emit o cantitate mică de radiaţie. Este posibil, spune el, ca găurile negre să se evapore precum bulgării de zăpadă la lumina soarelui. Aceasta pare a fi o contradicţie

în termeni, dat fiind că, potrivit definiţiei, o gaură neagră este atît de masivă încît nimic nu poate scăpa din chingile ei gravitaţionale, nici măcar lumina. Tocmai de aceea este numită gaură neagră. Marginea găurii negre, numită orizont de evenimente, nu lasă să iasă nimic în afară.

Dar Hawking a fost un pionier al aplicării mecanicii cuantice în teoria găurilor negre şi a emis ideea că materia poate fi creată într-un spaţiu „practic" vid la limita orizontului de evenimente. Conform teoriei cuantice, asta înseamnă că particulele virtuale pot apărea şi dispărea atît de rapid încît să nu deranjeze echilibrul impus de legile conservării energiei şi materiei. Hawking consideră că acest lucru se poate întîmpla la orizontul de evenimente al unei găuri negre şi că, în vreme ce majoritatea particulelor virtuale s-ar întoarce rapid în gaura neagră, din cînd în cînd unele se vor strecura în alte direcţii, făcînd ca energia să se scurgă lent din gaura neagră.

Această idee se corelează bine cu cele mai recente contribuţii la teoriile privind felul cum a luat naştere universul, propuse în anii optzeci de Alan Guth de la Massachusetts Institute of Technology. Denumită modelul inflaţionar, teoria lui Guth afirmă că, în prima fracţiune de secundă a existenţei universului, întregul univers s-a expandat enorm printr-o „explozie" bruscă, de durată ultra-scurtă (o trilionime de secundă), ajungînd de la dimensiunea unui atom la un „diametru" de cîteva miliarde de ani-lumină.

Masa lipsă

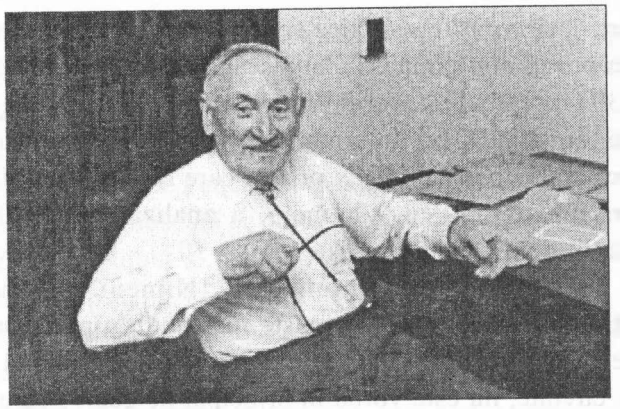
Unul dintre cele mai stranii fenomene observate în astronomie – găurile negre rivale – a fost prezentat de astronomul elveţian Fritz Zwicky (1898–1974) în 1933.

Fenomenul mai este uneori numit „masa lipsă" deoarece multe indicii ne spun că acolo există ceva ce nu putem detecta cu nici un fel de telescop. Zwicky a numit acel ceva *dunkel Materie*, sau materie întunecată. Zwicky era un personaj irascibil şi rebel, genul de individ căruia „îi place să demonstreze că celălalt se înşală", cum s-a exprimat un coleg de-al său, şi nu a fost o surpriză că s-a numărat printre primii care să observe că „balanţa contabilă" a universului nu se echilibrează. El a venit cu ideea acestei „mase lipsă" pentru a descrie masa întunecată şi absentă care trebuie să existe în spaţiul cosmic – cam de zece pînă la o sută de ori valoarea masei pe care o putem detecta în galaxii şi în spaţiul care le separă.

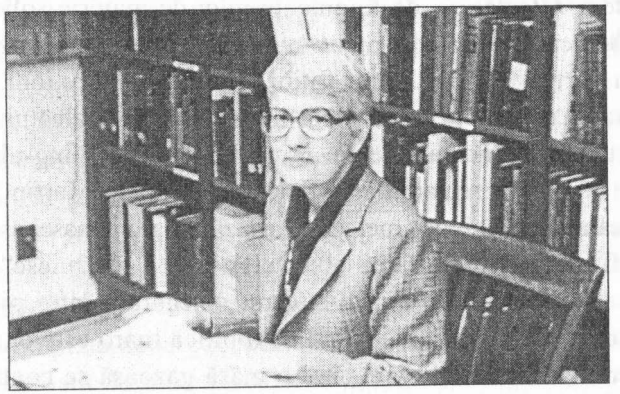
Nimeni nu l-a ascultat la început, dar în prezent unii astronomi consideră că materia pe care o putem vedea nu ar fi suficient de masivă pentru a provoca coalescenţa necesară formării stelelor şi galaxiilor pe care le vedem. S-ar părea că există mai multă gravitaţie în univers decît s-ar justifica pornind de la observaţiile asupra materiei luminoase.

De fapt, în momentul de faţă se bănuieşte că încă nu am găsit metodele de detecţie pentru circa 99% din materia universului. Aceasta nu emite lumină şi nu poate fi detectată prin metodele astronomice cu raze X sau prin cele ale radioastronomiei. Dar îi putem vedea efectele gravitaţionale.

De exemplu, în anii şaptezeci, Vera Cooper Rubin (n.1928) şi W. Kent Ford de la Carnegie Institution din Washington, D.C., au colectat o mare cantitate de date ce indică faptul că roiurile galactice, respectiv galaxiile aflate la mare depărtare de centru, se deplasează cu o viteză prea mare pentru ca efectele gravitaţionale ale masei vizibile – stelele şi gazul luminos – să poată menţine coeziunea acestor



Fritz Zwicky



Vera C. Rubin

grupări stelare. Cercetările asupra rotaţiei galaxiilor spiralate au dezvăluit prezenţa unui halou întunecat la marginile galaxiilor. Rubin şi Ford au estimat că aceste halouri conţin o cantitate de materie de circa zece ori mai mare decît cea pe care o putem vedea propriu-zis în galaxiile respective. Analizele statistice ale mişcării galaxiilor la o scară mai

mare decît roiurile galactice susţin aceste idei cu estimarea că raportul dintre materia întunecată şi cea detectabilă este de 30 (exceptînd interiorul galaxiilor, unde materia obişnuită este de regulă predominantă). Din 1978, un grup de cercetători de la Carnegie, printre care Rubin, Ford, David Burstein şi Bradley Whitmore, a analizat peste 200 de galaxii, confirmînd rezultatele.

Ce este materia întunecată? Nimeni nu ştie cu certitudine. S-ar putea să existe mai multe tipuri. Dar nu este deloc probabil să fie vorba de materie obişnuită – cu alte cuvinte, nu este vorba în principal de găuri negre care să se fi format din stele, ori de stele obscure pe care nu le putem detecta, ori de fragmente mici de materie solidă. În 1984, candidaţii erau neutrinii (dacă masa este pozitivă) sau particulele ipotetice: fotini, gravitini sau axioni. Unii savanţi consideră că materia întunecată ar fi alcătuită din particule elementare lente, rămăşiţe ale Big Bang-ului.

Aşa cum remarca astrofizicianul britanic Martin Rees: „Cea mai neechivocă metodă de a stabili natura masei ascunse ar fi, desigur, detectarea obiectelor care o alcătuiesc".

Unii astrofizicieni au sugerat o legătură între piticele maro şi masa lipsă, dat fiind că o pitică maro este o „stea" teoretică formată atunci cînd o masă gazoasă se contractă, dar are o masă atît de mică încît în nucleul acesteia nu se declanşează o reacţie nucleară. Dat fiind că nu are loc nici o reacţie nucleară, o pitică maro este foarte întunecată şi foarte greu de detectat. Nimeni nu a reuşit să găsească o pitică maro. Există oare cu adevărat? Fac ele parte din masa lipsă?

Şi totuşi, deocamdată nu toată lumea este convinsă că materia întunecată există. În 1986, o echipă de şapte

astronomi a observat că galaxia noastră, galaxiile grupului local şi alte componente ale super-roiului local de galaxii se deplasează într-o anumită direcţie, către un punct aflat în direcţia Crucii Sudului, pe care l-au denumit „Great Attractor" (Marele punct de atracţie). Ei au arătat că această forţă încă necunoscută ar putea explica deplasările detectate de Zwicky, Rubin şi ceilalţi, caz în care explicaţia oferită de masa lipsă nu ar mai fi necesară. Dar dacă aşa stau lucrurile, atunci ce anume este această forţă ciudată? Şi ce fel de dinamică este implicată?

SPRE O TEORIE GENERALĂ...?

Dintre toate, cea mai incitantă rămîne întrebarea obsedantă pe care şi-o pun atît cosmologii, cît şi specialiştii în fizica particulelor: Cum a început totul?

Aproape toţi teoreticienii sînt de acord acum că trebuie să fi existat un început şi acesta trebuie să fi fost o mare explozie cataclismică, pornită de la o particulă mai mică decît cel mai mic dintre nucleele atomice. Caracteristicile descrise de teoria inflaţionară a lui Guth par incredibile – dar majoritatea teoreticienilor consideră că Guth trebuie să aibă dreptate deoarece teoria sa explică foarte multe dintre caracteristicile universului din zilele noastre.

De exemplu, de cc atunci, în primele fracţiuni dintr-o fracţiune de fracţiune de milisecundă, nu s-a împrăştiat totul atît de violent încît toată materia să fie uniform dispersată la distanţe şi pe spaţii mari, fără să se formeze obiecte coalescente, fără neregularităţi, fără stele, planete, galaxii şi comete? Sau, dacă impulsul iniţial nu a fost suficient pentru dispersarea materiei, atunci de ce universul abia format nu s-a prăbuşit în sine însuşi? Teoreticienii au

calculat de fapt care ar fi trebuit să fie valoarea critică pentru ca universul să fi evitat oricare dintre variantele mai sus-menţionate, şi această valoare este valabilă.

Mulţi teoreticieni au încercat totuşi să determine cu exactitate ce s-a întîmplat în acele prime clipe, străduindu-se să ajungă înapoi în timp la un moment în care structura atomului era mai simplă, căutînd o simetrie simplă dincolo de complexitatea pe care o constatăm astăzi. Ei au privit în urmă spre o perioadă cînd cosmosul abia născut, pentru o extrem de scurtă perioadă de timp, într-una din primele etape ale existenţei sale, a ajuns la temperaturi de miliarde de miliarde de miliarde de grade, iar în acel scurt moment de timp, forţele slabe, electromagnetice şi tari erau toate o singură forţă. Aceste străduanii reprezintă marile teorii unificatoare – GUT = *Grand Unified Theories* – şi pînă acum nici una dintre ele nu a rezistat. Sheldon Glashow a remarcat la un moment dat că marile teorii unificatoare nu sînt nici mari, nici unificatoare, şi nici măcar teorii. Aşa încît, după cum s-a exprimat specialistul în fizica particulelor Leon Lederman, un termen mai potrivit decît cel de *teorii* ar fi *eforturi speculative*.

Ca purtător al acestei forţe a fost postulată o particulă mesager clasică, bosonul X (şi antibosonul X), particulă super-masivă care a jucat pentru marea forţă unificatoare acelaşi rol pe care fotonii îl joacă astăzi pentru forţa electrodinamică. În momentul de faţă, particulele şi antiparticulele se pot transforma rapid unele în altele. De exemplu, un quark poate deveni un antielectron (pozitron) sau un antiquark. Un antiquark poate deveni un neutrino sau un quark. Şi aşa mai departe. Acest proces a fost mediat de către bosonii X.

Şi mai ambiţioase, dar la fel de speculative sînt eforturile de a reuni toate cele patru forţe, inclusiv forţa gravitaţională, combinînd cromodinamica cuantică – comportamentul quarkurilor şi proprietăţile lor cromatice – cu gravitaţia. Uneori menţionate ca TOE (*Theory of Everything* = Teoria tuturor lucrurilor), aceste concepte devin extrem de complexe. Dintre acestea, Teoria superstringurilor s-a bucurat un timp o mare popularitate, explicînd că în primele momente ale Big Bang-ului nu au existat particule punctiforme, ci doar fragmente scurte de coarde (*string* = coardă, în limba engleză). Pentru ca acest model să funcţioneze este nevoie de zece dimensiuni – nouă spaţiale şi una temporală. Spre a explica de ce nu putem sesiza decît trei dintre dimensiunile spaţiale, teoreticienii spun că celelalte şase dimensiuni sînt curbate asupra lor înşile.

Totuşi, mulţi oameni de ştiinţă sînt neliniştiţi din cauza excesului de teoretizare, ca şi pentru că se elaborează teorii complexe una după alta, fără nici o şansă de a supune vreuna dintre ele la proba experimentului. Iar studiul unor structuri de particule din ce în ce mai mici necesită acceleratoare din ce în ce mai mari şi detectoare din ce în ce mai sensibile. Ţelul final – înţelegerea structurii fundamentale a materiei prin intermediul principiilor simetriei unificate – este meritoriu, dar complexitatea matematică necesară este imensă.

Drept urmare, mulţi critici se tem că ştiinţa cosmologiei se află în pericol de a deveni un nou gen de mitologie, cu puţine legături posibile cu ştiinţa experimentală, care poate fi supusă testelor.

În general, totuşi, ultimele cinci decenii au oferit astronomilor şi cosmologilor o mare bogăţie de noi date,

noi viziuni şi noi idei. Cercetătorii au elaborat modalităţi mai sofisticate de investigare a universului, a structurii şi originii sale, asigurînd o precizie mult mai mare decît a fost posibil anterior. Iar întrepătrunderea extrem de fructuoasă cu fizica particulelor a avut drept consecinţă noi şi importante progrese în ambele domenii.

Prin urmare, universul a devenit un loc mai vast şi mai complex ca oricînd, şi chiar mai interesant.

CAPITOLUL 4

EXPLORAREA SISTEMULUI SOLAR

În vreme ce cosmologii îşi imaginau primele clipe ale universului şi explorau consecinţele evaporării găurilor negre, ultima jumătate a secolului al XX-lea a oferit totodată şi o comoară de noi informaţii pentru cei interesaţi de vecinii noştri din Sistemul Solar, de istoria, structura şi originile acestora.

În 1957, cînd satelitul *Sputnik I* şi-a început drumul solitar pe o orbită circumterestră, noi am devenit pentru prima oară turişti în Sistemul Solar. Sateliţii orbitali şi sondele trimise în atmosfera terestră au început să ne ofere noi imagini despre planeta noastră şi atmosfera acesteia, de undeva din exterior. Au urmat imediat misiunile spre Lună (cu şi fără echipaj la bord), precum şi misiuni fără echipaj uman către aproape toate planetele Sistemului Solar. Doar Pluto nu a fost vizitată. Ceea ce pînă nu demult se vedea doar ca nişte puncte luminoase îndepărtate, abia decelabile prin lentilele celor mai puternice telescoape, se transformase acum în planete cu suprafeţe pietroase, ciuruite de cratere,

în globuri de gaze luminiscente, în nuclee active de turbulenţă vulcanică şi în deşerturi îngheţate. În vasta tăcere a spaţiului cosmic, roboţi cu aspect straniu zumzăiau prin apropierea lor pentru a trimite imagini cît mai detaliate şi date fizice care aveau darul să uluiască pe toată lumea. Nimic nu era aşa cum se părea.

Prim-planurile spectaculoase, viu colorate ale inelelor lui Saturn sau erupţiile vulcanice ale satelitului lui Jupiter, Io, au devenit atît de banale astăzi încît uităm cît de depărtate sînt aceste uriaşe mase rotitoare alcătuite din roci şi gaze şi cît de imposibilă părea, cu numai cîţiva ani în urmă, obţinerea unor asemenea imagini. Nimeni nu a bănuit măcar existenţa inelelor lui Saturn pînă cînd Galilei le-a perceput existenţa cu ajutorul telescopului său, în secolul al XVII-lea. Acum deţinem informaţii complexe privind structura lor, dimensiunile, mişcarea şi relaţiile lor cu planeta şi cu sateliţii naturali ai acesteia, graţie, în parte, datelor adunate de sonda spaţială *Pioneer 11*, care a trecut prin apropiere în 1979, urmată fiind în anii optzeci de sondele *Voyager 1* şi *Voyager 2*.

Ştiinţa planetară, care de la Galilei încoace s-a bazat întotdeauna pe instrumente – tot mai mari, mai complexe şi mai costisitoare –, are acum un preţ de cost încă şi mai mare. Dar şi recompensele sînt cu mult mai mari. Acum putem să vedem efectiv suprafeţele acestor lumi îndepărtate, să le măsurăm parametrii atmosferici şi să le studiem istoriile. Ceea ce am aflat despre felul cum funcţionează universul – de la dinamica atmosferică şi meteorologică la prezenţa în spaţiu a vîntului solar şi a centurilor de radiaţii care înconjoară planeta noastră – nu numai că sporeşte tezaurul nostru de cunoştinţe fundamentale, dar furnizează nepreţuite lecţii despre planeta noastră, Pămîntul.

LUNA: CEL MAI APROPIAT VECIN

Îngemănate în dansul cosmic, Pămîntul şi Luna, planeta şi satelitul ei, se rotesc în jurul unui centru comun de gravitaţie, corpul mai mare, înveşmîntat în culorile albastru-verde-alb, plin de culoare, apă şi viaţă, celălalt, mai mic cu aproape trei sferturi, lipsit de culoare, plin de cratere şi marcat de timp. Faţa sa ascunsă, întunecată şi plină de gropi, nu poate fi văzută niciodată de pe Pămînt, fiind îndreptată pentru totdeauna spre stele. Ce catastrofă s-a produs în trecutul îndepărtat care a lăsat Luna atît de rece şi de pustie?

Dintotdeauna cel mai familiar şi totodată cel mai misterios dintre vecinii noştri cosmici, Luna a constituit o

Geologul Harrison Schmitt prelevează eşantioane de pe suprafaţa lunară în timpul misiunii Apollo 17 *din 1972*

provocare pentru mintea omenească. Luna este subiectul a nenumărate mitologii, legende şi cîntece antice. A fost reperul calendaristic al anticilor, care se bizuiau pe regularitatea schimbării fazelor şi a mişcării sale pe bolta cerească pentru a ţine socoteala trecerii anotimpurilor.

Pentru oamenii de ştiinţă, întrebările erau numeroase: Cum arată cu adevărat suprafaţa selenară? De unde provine şi cum a ajuns să existe? Care sînt caracteristicile sale geologice? Cum arată faţa care nu se vede niciodată de pe Pămînt? Cînd Statele Unite şi Uniunea Sovietică au pus la punct capacitatea de a se depăşi constrîngerile gravitaţionale terestre, Luna a fost, firesc, primul corp ceresc care a putut fi explorat. Asemenea telescopului şi aparatului fotografic, racheta a constituit un nou instrument care ne-a permis să desluşim numeroasele secrete ale Lunii.

Între anii 1958 şi 1976, Statele Unite şi Uniunea Sovietică au trimis 80 de misiuni pe Lună, deşi numai vreo 49 dintre ele şi-au îndeplinit misiunea conform planificării, iar unele nu au reuşit să se apropie măcar de satelitul nostru natural. Dar cele care au reuşit – aparate orbitale, aselenizări line, şedinţe fotografice, sonde, două treceri prin apropiere şi şase aselenizări cu echipaj uman – au adus sau au trimis pe Pămînt o bogăţie de informaţii despre cel mai apropiat vecin cosmic al Terrei.

Am aflat că Luna are aproximativ aceeaşi vîrstă ca şi Pămîntul, anume circa 4,5 miliarde de ani. Abundenţa relativă a proporţiilor izotopilor de oxigen sugerează că cele două corpuri cereşti s-au format aproape unul de celălalt, deşi există teorii diferite cu privire la procesele de formare. S-a desprins Luna de Pămînt asemenea unei picături de vopsea? Pentru ca aceasta să se întîmple, ar fi

trebuit ca Pămîntul să se rotească foarte repede, dar ideea a avut totuşi destui susţinători. A fuzionat sau s-a condensat din acelaşi „planetezimal" (material de formare pre-planetar) ca şi Pămîntul şi aproximativ în aceeaşi perioadă? Dacă aşa s-a întîmplat, de ce s-au format două planete şi nu una? Sau Pămîntul a atins Luna în cîmpul său gravitaţional în timp ce aceasta trecea prin apropiere? Sau poate, în primele zile ale formării Pămîntului, cînd acesta era încă topit şi se constituia lent din numeroase planetezimale, o rămăşiţă-planetezimală de dimensiuni mai mari s-a lovit de acesta. În urma ciocnirii, o bună parte din ambele corpuri s-a vaporizat, iar resturile topite au fost aruncate pe orbită unde, în cele din urmă, au alcătuit corpul ceresc pe care îl numim astăzi Lună.

Probabil că cea mai importantă moştenire a explorărilor noastre selenare a fost o mai bună înţelegere a Lunii, o mai vastă apreciere a propriei noastre planete şi dezlegarea unora dintre misterele Sistemului nostru Solar. Cercetînd îndeaproape Luna, am văzut o lume pustie şi aridă, cu dimensiuni şi masă prea mici pentru a putea menţine în jurul său o atmosferă. Spre deosebire de Pămînt, Luna este o lume încremenită şi prizonieră a propriului ei trecut, lipsită de evoluţie sau schimbare – o lume care acum este atît de statică (pînă la următoarea coliziune) încît urmele de paşi lăsate de oameni în praful de pe suprafaţa ei ar putea rămîne neschimbate un milion de ani. Este genul de fosilă care ne relatează istoria Sistemului nostru Solar şi a propriei noastre planete. Expediţiile noastre selenare ne-au învăţat deja multe lucruri despre noi înşine şi despre alţi membri ai biosferei noastre – precum şi despre caracterul excepţional al existenţei fiinţelor omeneşti.

În mod firesc, următorul pas l-a constituit explorarea celei mai apropiate planete vecine, Venus, a doua planetă de la Soare.

GERARD PETER KUIPER: SAVANTUL PLANETAR (1905–1973)

Studierea ştiinţifică a planetelor a fost puternic impulsionată de programele NASA, iar astronomul-planetolog Gerard Kuiper s-a numărat printre primii vizionari care au contribuit la elaborarea de la bun început a unui program care să furnizeze informaţii utile oamenilor de ştiinţă.

Născut şi educat în Olanda, Kuiper şi-a părăsit ţara ca să plece în Statele Unite în 1933, cînd s-a alăturat echipei de la Observatorul Lick, în apropiere de San Jose, California. Acolo a studiat stelele binare şi a întreprins căutări spectroscopice ale stelelor pitice albe. Ulterior, la Observatorul Yerkes din Wisconsin şi la anexa sa sudică, Observatorul McDonald din Texas, Kuiper a avut contribuţii la teoria originii Sistemului Solar.

După al doilea război mondial, Kuiper s-a numărat printre pionierii noului domeniu al radioastronomiei, realizînd observaţii spectroscopice ale planetelor şi ale stelelor de ultimul tip. Folosind aceste tehnici, el a reuşit să descopere metan în atmosfera satelitului uriaş al planetei Saturn, Titan, şi dioxid de carbon în atmosfera marţiană, precum şi vapori de apă în stelele variabile Mira (situate în constelaţia Cetus). Toate aceste descoperiri au stîrnit curiozitatea celor interesaţi să ştie dacă viaţa există sau a existat vreodată dincolo de atmosfera propriei noastre planete. În plus, Kuiper a

Gerard P. Kuiper prin 1949, în faţa Observatorului Yerkes

descoperit un nou satelit aflat pe o orbită a planetei Uranus şi un altul rotindu-se în jurul lui Neptun.

În afara faptului că a ocupat postul de director al ambelor observatoare, Yerkes şi McDonald, Kuiper a înfiinţat şi a condus mai tîrziu Laboratorul Lunar şi Planetar al Universităţii Arizona. Pentru NASA, a lucrat ca investigator principal, responsabil ştiinţific al misiunilor Ranger către Lună. A avut totodată şi importante contribuţii ştiinţifice la primele explorări planetare întreprinse de NASA.

PLANETA ACOPERITĂ DE VĂLURI

Venus este cel mai apropiat vecin planetar al nostru şi poate fi văzută adesea strălucind pe cerul dimineţii sau în amurg. Cunoscută ca sora „geamănă" a Terrei, Venus are

cam aceleaşi diametru, dimensiune şi densitate şi, aflîndu-se la doar 42 de milioane de kilometri de noi, parcurge o orbită similară în jurul Soarelui. Dar, în ciuda curiozităţii noastre fireşti, nici cele mai puternice telescoape optice de la cele mai mari observatoare astronomice nu au putut penetra prin stratul gros de nori care înconjoară planeta şi ne obturează vederea.

Scriitorii de science-fiction, astronomii şi planetologii au făcut nenumărate speculaţii pornind de la această constatare. Poate că sub stratul de nori, Venus este o planetă ploioasă, cu climă tropicală, cu mări şi jungle pline de diverse forme de viaţă. Nu puteam să vedem suprafaţa – dar cu siguranţă norii sugerau prezenţa vaporilor de apă, iar vaporii de apă sugerau probabil prezenţa vieţii, poate chiar a unor forme de viaţă inteligentă. Ideea a rezistat multă vreme. Începînd cu deceniul al IV-lea al secolului al XX-lea, radioastronomia şi spectroscopia au început să ofere indicii conform cărora atmosfera şi temperatura planetei nu pot găzdui viaţa aşa cum o cunoaştem, iar prin 1961, astronomia cu microunde ne-a dat alte informaţii cu privire la direcţia şi viteza de rotaţie a planetei, temperatura atmosferică, densitatea şi presiunea, precum şi o idee aproximativă asupra topografiei. Dar numai o dată cu primele misiuni planetare s-a putut constata cît de diferită este Venus faţă de Pămînt.

Între 1961 şi 1989, spre Venus au pornit peste douăzeci de misiuni americane şi sovietice, majoritatea încununate de succes. Sondele trimise au testat straturile superior, median şi inferior al atmosferei, analizînd chimia, mişcările norilor, presiunea şi temperatura. Uniunea Sovietică a trimis

şi cîteva sonde cu aterizare pe suprafaţa planetei, care au transmis imagini, de sub stratul de nori, ale cîmpiilor stîncoase ale lui Venus. Au trimis pe Pămînt valori ale temperaturii de suprafaţă şi alte analize atmosferice. Iar sondele orbitale au cartografiat suprafaţa.

Astronava americană *Mariner 10*, lansată în 1973, a trecut pe lîngă Venus la începutul anului 1974 în drumul ei spre Mercur şi a făcut unele observaţii interesante asupra planetei Venus, printre care şi fotografii care erau de 7000 de ori mai bune decît am fi putut obţine de pe Terra.

În 1978, Statele Unite au trimis două nave spaţiale, *Pioneer 12* şi *Pioneer 13*. A doua conţinea patru sonde atmosferice care au fost lansate în diferite părţi ale atmosferei, măsurînd valori ale temperaturii şi presiunii, ca şi date cu privire la mişcările atmosferice. Dar *Pioneer 12* a fost eroul curajos al cercetării venusiene. Destinat să rămînă pe orbita lui Venus timp de 243 zile, *Pioneer 12* a continuat să transmită date ştiinţifice timp de încă *zece ani*. Pînă în 1988, *Pioneer 12* a trimis spre Terra peste 10 trilioane de biţi de informaţie, inclusiv o descriere a formei extreme de efect de seră care a captat căldura solară, determinînd creşterea temperaturii suprafeţei planetei pînă la aproape 500 °C.

Între anii 1978 şi 1983, Uniunea Sovietică a trimis şase sonde Venera (*Venera 11* pînă la *Venera 16*), grupate cîte două, majoritatea fiind sonde de suprafaţă. Toate au trimis pe Terra detalii valoroase despre suprafaţă şi atmosferă, inclusiv primele imagini color ale suprafeţei venusiene, analize ale unor eşantioane de sol prelevate prin forare şi experimente seismice. În 1984, alte două misiuni,

denumite *Vega 1* şi *Vega 2*, au efectuat experimente în contul mai multor naţiuni.

Pe baza tuturor acestor informaţii a început să se contureze o nouă imagine a planetei Venus atunci cînd Statele Unite au trimis o nava spaţială Magellan spre Venus în 1989, cu sosire în august 1990. În pofida unor dificultăţi tehnice, Magellan a trimis pe Pămînt uluitoare imagini radar ale suprafeţei şi a efectuat un ciclu de cartografiere radar de 243 zile, adică pe durata unei rotaţii complete a planetei în jurul Soarelui. Magellan a dezvăluit o suprafaţă planetară frămîntată de forţe tectonice, răvăşită de vînturi năprasnice şi cu scoarţa deformată violent de uriaşe erupţii vulcanice.

Una peste alta, imaginea reală a lui Venus este foarte diferită de imaginara planetă verde şi îmbelşugată. La suprafaţă, o lumină firavă, de culoarea piersicii, abia reuşeşte să treacă prin norii venusieni groşi de acid sulfuric. Vînturi blînde agită uşor arşiţa intensă de aproape 480 °C a podişului deşertic pustiu. Cu o viteză de 350 km/h, vînturile din atmosfera superioară mînă norii de şaizeci de ori mai rapid decît rotaţia stranie, în sens invers, a planetei. În depărtare, fulgere luminoase turbulente aprind cerul în jurul conturului conic al unui vulcan care scuipă fum şi cenuşă. Aşa cum se poate citi într-un raport tehnic al echipei ştiinţifice a sondei *Mariner 5*: „Venus pare să ofere o arşiţă insuportabilă, o atmosferă sufocantă, o presiune zdrobitoare şi un cer întunecat, la care ar trebui să se adauge probabil o climă respingătoare şi un relief ostil".

EFECTUL DE SERĂ DE PE VENUS

Victimă a aşa-numitului efect de seră, atmosfera arzătoare a lui Venus este rezultatul combinat al proximităţii faţă de Soare şi al incapacităţii planetei de a dispersa parţial această imensă „încărcătură calorică" înapoi în spaţiul cosmic.

Toate planetele absorb energie de la Soare sub forma radiaţiei solare. Această energie (pe care o numim lumină solară) este apoi re-radiată în exterior sub forma unor radiaţii infraroşii cu lungimi de undă mai mari. Temperatura de suprafaţă a unei planete este determinată de echilibrul dintre lumina solară absorbită şi cantitatea de radiaţie infraroşie pe care o emite. Temperatura creşte dacă o planetă absoarbe mai multă energie decît emite.

Pe Venus procesul de răcire este parţial împiedicat de atmosfera densă a planetei, care acţionează ca o poartă cu sens unic, permiţînd radiaţiei solare vizibile să pătrundă, dar nelăsînd să evadeze radiaţia infraroşie cu lungime de undă mai mare. Atmosfera funcţionează precum capacul unei oale, blocînd energia emisă şi provocînd încălzirea planetei.

Mulţi oameni de ştiinţă îşi exprimă temerea că o creştere a dioxidului de carbon în atmosfera terestră, provocată de arderea continuă a combustibilor fosili, cum ar fi benzina şi motorina, ar putea avea drept consecinţă producerea unui efect de seră ca la vecina noastră şi că o acumulare treptată a „căldurii" captate ar putea modifica dramatic clima şi echilibrul ecologic al Terrei.

PLANETA ARSĂ

Asemenea unei molii minuscule care se învîrteşte în jurul unei lumini strălucitoare, planeta Mercur are parcursul cel mai apropiat de Soare. Gonind cu repeziciune pe traiectoria sa eliptică, ea sfidează oglinzile optice ale telescoapelor noastre şi scapă rapid de privirile noastre curioase cu incursiunile sale din apropierea vecinului ei mult prea strălucitor, Soarele. Avînd suprafaţa arsă de miliarde de ani pe acest parcurs, Mercur pare să stea într-un echilibru precar la marginea unui dezastru incendiar.

În realitate, Mercur este un bulgăre masiv de rocă şi fier care se coace în arşiţa aprinsă a Soarelui. Ciclul său de rotaţie completă însumează 88 de zile terestre, la o distanţă medie de 93 milioane de kilometri de cuptorul solar. În consecinţă, este una dintre planetele cel mai dificil de observat de pe Terra, fiind vizibilă doar o scurtă perioada de timp – dimineaţa şi seara. Nici măcar inventarea telescopului nu a ajutat prea mult la clarificarea imaginii sale.

Mariner 10 a sosit în apropierea lui Mercur în martie 1974. Echipată cu protecţii speciale împotriva radiaţiei solare, nava spaţială s-a înscris pe o traiectorie situată la 700 de kilometri de suprafaţa lui Mercur pentru a arunca o privire atentă. Avînd la bord două camere de luat vederi cu telescoape de 1,5 metri, un transmiţător radio în banda X, un radiometru în infraroşu şi echipament pentru experiment în domeniul ultraviolet, ea a transmis pe Pămînt aproape 2500 de imagini. După ce a traversat cerul lui Mercur, nava spaţială a ocolit Soarele şi a revenit în două rînduri pentru şedinţe de fotografiere în septembrie 1974 şi martie 1975.

La primele imagini venite de pe Mercur, oamenii de ştiinţă au fost frapaţi de marea asemănare a planetei cu

Luna. După urmele răspîndite pe suprafaţa ei arsă şi ciuruită, au conchis că este posibil ca istoria geologică a lui Mercur să fie similară în multe privinţe – scena a mii de meteoriţi care s-au lovit de suprafaţa planetei cu circa 3,9 miliarde de ani în urmă.

De fapt, Luna are o suprafaţă netedă prin comparaţie cu Mercur. Cu excepţia unei mari întinderi plate cunoscute sub numele de Bazinul Caloris şi a altor cîteva porţiuni mai mici, asemănătoare, Mercur este aproape în întregime acoperit de cratere. Şi, în vreme ce oamenii de ştiinţă cred că „mările" selenare (vaste zone netede şi întunecate ale suprafeţei lunare) au fost create în urma unor scurgeri de lavă, majoritatea susţine o teorie cu totul diferită cu privire la formarea Bazinului Caloris. Unele dovezi sugerează o activitate vulcanică în trecutul planetei, inclusiv o umplere parţială a bazinului însuşi, dar marele Bazin Caloris s-a format probabil în urma celui mai spectaculos şi mai important eveniment din istoria planetei Mercur: ciocnirea cu un asteroid.

Pe baza dovezilor adunate, planetologii au formulat ipoteza potrivit căreia un asteroid – cu un diametru posibil de peste 100 de kilometri – s-a ciocnit cu mult timp în urmă cu mica planetă şi a nivelat o zonă largă de peste 1400 de kilometri. Prin ciocnirea de Mercur cu o viteză de peste 500 000 km/h, acest uriaş proiectil a modificat pentru totdeauna faţa planetei, înălţînd munţii cu peste 1,6 kilometri şi formînd un fel de crenel muntos pe toată marginea craterului. Specialiştii cred că pînă şi suprafaţa cu aspect de talmeş-balmeş de pe faţa opusă a globului mercurian s-a format în momentul în care undele de şoc ale imensului impact au început să înconjoare planeta.

Iar acesta – consideră mulţi planetologi – poate să fi

fost ultimul eveniment important din evoluţia planetei. Judecînd după rupturile de scoarţă şi după alte dovezi observate în fotografiile trimise de *Mariner 10*, ei au dedus că Mercur s-a contractat substanţial înainte de impact, posibil datorită răcirii nucleului de fier sau încetinirii rotaţiei în jurul propriei axe. După aceea este evident că planeta a încetat să evolueze. Mercur a suferit o aparentă moarte la finalul acelciaşi perioade de bombardament intens care a devastat Luna, cu circa 3, 9 miliarde de ani în urmă.

Asemenea unui instantaneu fotografic, starea primordială a suprafeţei lui Mercur ne poartă înapoi în timp pentru a ne arăta detalii despre evoluţia şi originile Sistemului nostru Solar. Aceasta este materia pe baza căreia se întemeiază progresul planetologiei.

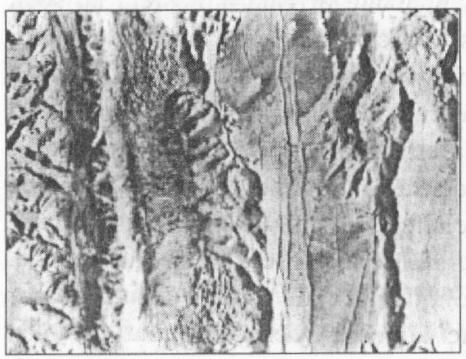
MARTE, PLANETA ROŞIE

Dintre toate planetele Sistemului Solar, Marte a fost multă vreme preferata atît a scriitorilor de science-fiction, cît şi a astronomilor. Începînd cu primele zile ale folosirii telescoapelor, a fost singura planetă ale cărei forme de relief de suprafaţă se puteau vedea, iar în ultimul deceniu al secolului al XIX-lea a inspirat speculaţia, larg respectată – stimulată de observaţiile astronomului Percival Lowell –, conform căreia uriaşe canale de construcţie artificială brăzdează în lung şi în lat cîmpiile planetei, acestea fiind semne ale unei civilizaţii prezente sau antice. Modificările sezoniere ale calotei polare nordice (dilatare-contractare) au încurajat viziunea unei planete asemănătoare Pămîntului, avînd probabil chiar şi un anotimp călduros şi roditor şi o iarnă pustiitoare.

Aşa încît prima oară cînd cercetătorii au reuşit să trimită

o navă spaţială robot în apropierea lui Marte – *Mariner 4*, în noiembrie 1964 –, rezultatele au fost dezamăgitoare. De la o distanţă de numai 9650 de kilometri de suprafaţă, am văzut primele imagini ale unei planete care părea netedă, fără forme de relief şi fără forme de viaţă. Alte două misiuni Mariner, în 1968, nu au reuşit – în afara unor indicii privind activitatea vulcanică şi procesul de eroziune – să înseninceze perspectivele despre ceea ce am putea găsi pe suprafaţa lui Marte.

Apoi, la 13 noiembrie 1971, sonda robot de observaţie numită *Mariner 9* a pătruns pe orbita marţiană, devenind primul obiect construit de om înscris pe orbita unei alte planete. În pofida unei furtuni de praf izbucnită la puţin timp după sosirea sondei, planeta Marte înfăţişată de *Mariner 9* era un pardis geologic. Departe de a fi o planetă străveche inertă, Marte s-a dovedit a fi o lume în care curgeau cîndva rîuri şi vulcanii erupeau – o planetă a cărei temperatură de suprafaţă şi atmosferă ar fi putut cîndva să găzduiască măcar unele forme de viaţă foarte simple. A început o adevărată furie a teoriilor.



Valles Marineris, aşa cum s-a văzut de pe sonda orbitală Viking 1. *Marcajele care apar în această imensă vale i-au făcut pe geologi să creadă că suprafaţa marţiană ar fi putut fi inundată cîndva, în trecut, de ape care s-au evaporat de mult*

Un vulcan, denumit de savanţi Olympus Mons (Muntele Olimp), se înalţă la peste 24 000 de metri, fiind cel mai înalt munte cunoscut din Sistemul Solar. La bază are un diametru de peste 560 de kilometri, suficient de întins cît să acopere în întregime statul Missouri! Un canion uriaş, de proporţii la fel de gigantice – Valles Marineris – se prelungeşte pe aproape o şesime din circumferinţa planetei, adică o distanţă de 4500 de kilometri. Are o lăţime de aproape 600 de kilometri şi este de circa 13 ori mai lung decît Marele Canion (cam cît distanţa dintre New York şi California). Dovezile despre curgerea apei se găsesc din abundenţă, cu ceea ce păreau a fi albii de rîuri secate, unele avînd 1000 de kilometri lungime. Ca şi pe Mercur şi pe Lună, impactul cu un asteroid a jucat de asemenea un rol important în povestea planetei, cu un crater ce măsoară peste 160 de kilometri în diametru. Dar pe fotografiile de pe Marte nu apărea nici o dovadă despre o civilizaţie avansată. Nici unul dintre canalele pe care Percival Lowell crezuse că le vede. Nici o clădire sau antenă de satelit. Nici colibe sau terenuri agricole arate. De fapt, nici un semn de civilizaţie sau viaţă.

Totuşi, informaţii incitante privind atmosfera au sosit în 1974, cînd sonda sovietică *Mars 6* a trimis vestea unui procentaj de argon mai mare decît cel estimat. Deoarece argonul este un gaz inert, specialiştii în studiul atmosferei au presupus că acesta era o rămăşiţă a unei atmosfere – posibil o atmosferă densă, date fiind cantităţile mari de argon – din care celelalte elemente se combinaseră între timp cu alte elemente sau se disipaseră în spaţiul cosmic.

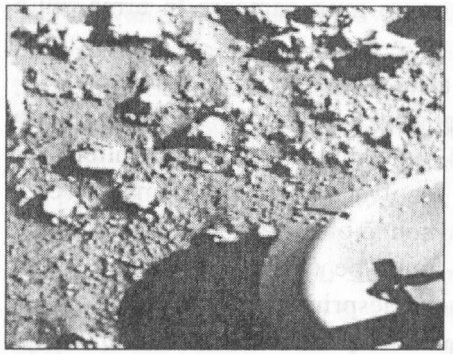
Şi poate, ţinînd cont de dovezile privind existenţa unor ape curgătoare şi a unei atmosfere dense în trecut, ideea de

viaţă pe Marte, măcar cu un timp oarecare în urmă, nu a murit cu totul.

Dar cum să aflăm asta? Două nave spaţiale robot, *Viking 1* şi *Viking 2*, au pornit de pe rampa de lansare de la Cape Kennedy în 1975, unul dintre motivele trimiterii lor fiind şi speranţa de a rezolva această problemă. Fiecare navă spaţială conţinea o sondă orbitală şi una de suprafaţă, iar cînd „Vikingii" au ajuns pe orbita marţiană în 1976, sondele de suprafaţă s-au desprins pentru a lăsa sondele orbitale să înconjoare planeta şi să observe, în timp ce ele coborau frînate de paraşute pînă pe suprafaţă, fiecare în cîte o poziţie diferită pentru a se obţine o imagine cît mai cuprinzătoare a solului marţian. Roboţii de la sol erau echipaţi pentru a preleva eşantioane de sol şi pentru a efectua o serie de teste. Una dintre problemele cele mai importante la care echipa ştiinţifică a misiunilor Viking spera să găsească un răspuns era aceea care îi obseda pe pămînteni încă dinainte de Lowell: există viaţă pe Marte? Răspunsul dezamăgitor nu a întîrziat să vină: Nu. Cel puţin nu în locurile testate şi cel puţin nu acum.

O misiune avînd drept scop studierea satelitului lui Marte, Phobos, lansată de Uniunea Sovietică în 1988, a stîrnit dezamăgirea în momentul în care cele două nave spaţiale ale misiunii au eşuat înainte de a ajunge la Marte, şi aceeaşi soartă a avut-o şi un proiect american, Mars Observer, programat să sosească în 1993.

Multe întrebări despre Marte au rămas fără răspuns. Dacă Marte a avut într-adevăr cîndva o atmosferă mai densă, permiţînd apei să existe pe suprafaţa sa în stare lichidă, atunci unde şi de ce a dispărut toată apa? Este blocată o parte din ea în subsolul permanent îngheţat? Cît de multă



Întîiul prim-plan al solului marţian, realizat de Viking 1 *pe 20 iulie 1976. Piciorul sondei se vede în dreapta. Praful de pe suprafaţa platformei de asolizare de la baza piciorului sondei a fost agitat în timpul coborîrii. Bucăţile mai mari de rocă din această fotografie au o dimensiune de cca 5 cm*

este depozitată permanent sub formă de gheaţă la polul nordic al planetei? Ştim cu certitudine că o cantitate oarecare de apă există acolo. Planetologii au determinat cum că acea calotă de gheaţă care acoperă polul este alcătuită din gheaţă de dioxid de carbon, dar vara, cînd această gheaţă se topeşte în cea mai mare parte, poate fi văzută o calotă din gheaţă de apă de dimensiuni mai mici. Calota propriu-zisă stă aşezată deasupra unei serii de straturi ciudat de groase, care ar putea fi compuse din praf şi gheaţă de apă.

Poate că au existat cîndva cursuri de apă rapide care au săpat uriaşele canale marţiene. Unii oameni de ştiinţă, printre care şi geologul planetar Michael Carr şi exobiologul Chris McKay de la NASA Ames (care studiază posibilitatea existenţei vieţii pe alte planete), consideră că o formă foarte exotică de viaţă simplă poate să fi existat în trecutul doar „posibil" mai ospitalier al planetei şi că s-ar putea să descoperim cîndva nişte urme, nişte dovezi fosile despre trecut. Asemenea unor oameni de ştiinţă destoinici, exploratorii roboţi ai lui Marte – sondele Viking şi predecesorii acestora – au răspuns la multe întrebări, dar în acelaşi timp au pus multe altele.

ASTEROIZII

Pe diferite orbite ale Sistemului Solar, un grup de stînci uriaşe, de forme ciudate, plutesc legănîndu-se prin spaţiul cosmic, cele mai multe dintre ele aflîndu-se într-o zonă numită centura de asteroizi, situată între Marte şi Jupiter. Ar putea fi considerate nişte „resturi" de la formarea Sistemului Solar. Asteroizii sînt materia din care sînt alcătuite planetele, cărămizile constituente ale Sistemului Solar, dintre care unele au fuzionat, după cum cred planetologii, cu miliarde de ani în urmă pentru a forma planetele. În compoziţia lor, asteroizii au reţinut fără doar şi poate o multitudine din secretele unei perioade de 4,5 miliarde de ani, un tezaur de informaţii primordiale, cu condiţia să dobîndim accesul la ele.

Grupări mai mici de asteroizi se găsesc totuşi şi în afara acestei centuri, şi circa 1% din asteroizii cunoscuţi au orbite care traversează orbitele uneia sau ale mai multor planete. De exemplu, două dintre aceste grupuri, denumite Apollo şi Atena, intersectează orbita terestră. Majoritatea oamenilor de ştiinţă crede că, dintre aceştia, la intervale situate între 50 şi 100 de milioane de ani, cîte un asteroid mai mare se ciocneşte cu Pămîntul – ultimul provocînd extincţia dinozaurilor în urmă cu 65 de milioane de ani (vezi capitolul 5).

Este posibil să existe pînă la 100 000 de asteroizi suficient de luminoşi ca să fie descoperiţi în cele din urmă cu telescopul sau de către navele spaţiale, dar deocamdată doar 3000 au fost oficial recunoscuţi. Dintre aceşti 3000, cel mai mare este Ceres, cu un diametru de 1020 de kilometri. Cel mai mic are probabil un diametru de circa un kilometru. În 1991, nava spaţială *Galileo*, aflată în drum

spre Jupiter şi sistemul său de sateliţi naturali, a „văzut" asteroidul Gaspra, avînd cam 16 kilometri lungime şi 12–13 kilometri lăţime, şi a trimis pe Terra prima fotografie prim-plan a unui asteroid.

Potrivit celei mai recente teorii, cea mai mare parte a asteroizilor s-a format probabil atunci cînd gravitaţia proto-planetei Jupiter (în primele stadii ale formării sale) a împiedicat materia asteroidală să formeze în vecinătate o altă planetă în toată regula, lăsînd majoritatea bucăţilor de rocă pe orbitele lor prezente şi trimiţînd totodată alte fragmente în afara Sistemului Solar, laolaltă sau pe orbitele actuale care traversează orbitele altor planete.

JUPITER URIAŞUL

Cea mai mare planetă din Sistemul Solar, Jupiter, stîrneşte interesul planetologilor datorită dimensiunilor şi dinamicii sale atît de asemănătoare cu a Soarelui încît şi-a format un fel de mini-sistem solar, cu şaisprezece sateliţi care se rotesc în jurul său. Situat de cealaltă parte a centurii de asteroizi faţă de Marte, Jupiter este prima şi cea mai mare dintre planetele gazoase gigantice. De fapt, este atît de mare încît cumulează 71% din întreaga masă a Sistemului Solar, exceptînd Soarele, bineînţeles.

În timpul deceniilor al cincilea şi al şaselea ale secolului al XX-lea, astronomii au început să contureze viziunea noastră modernă cu privire la acest uriaş corp ceresc, construită pe baza dovezilor adunate în urma observaţiilor terestre. Astronomul american de origine germană Rupert Wildt a devenit principalul „instigator" al eforturilor pentru înţelegerea structurii lui Jupiter, a dinamicii şi a originii sale. Cel mai frapant aspect care s-a desprins în timpul

acestei perioade a epocii pre-spaţiale a fost faptul că uriaşa planetă se aseamănă mai mult cu Soarele decît cu Pămîntul. Planetele interioare ale Sistemului Solar (cele situate în interiorul centurii de asteroizi şi mai aproape de Soare) sînt mici corpuri alcătuite din rocă, avînd puţini sateliţi, uneori nici unul, în vreme ce majoritatea planetelor îndepărtate de Soare au o compoziţie cu totul diferită. Cu excepţia mai puţin cunoscutului Pluto, celelalte planete sînt giganţi gazoşi, compuşi în principal din cele mai simple elemente, hidrogen şi heliu. Majoritatea acestor planete exterioare are şi un sistem numeros de sateliţi. Şi, după cum au demonstrat explorările recente, toţi cei patru giganţi gazoşi – Saturn, Jupiter, Uranus şi Neptun – posedă şi sisteme de inele care le înconjoară la mică distanţă. Ţinînd cont de aceste diferenţe majore între planetele interioare şi cele exterioare, oamenii de ştiinţă moderni au început să înţeleagă că Jupiter este o planetă cu o istorie foarte diferită de cea a Pămîntului.

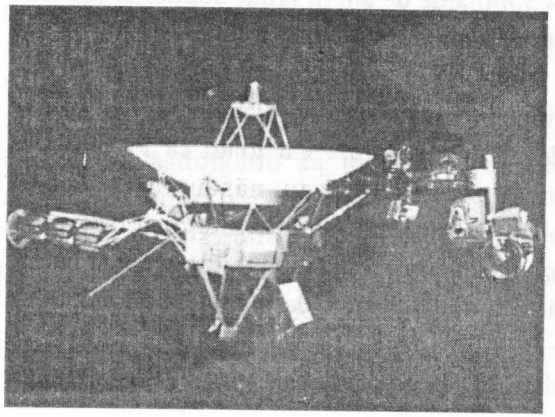
Create din materialul nebular care a format Sistemul Solar cu circa 4,5 miliarde de ani în urmă, Jupiter şi celelalte planete gigantice s-au dezvoltat rapid şi gravitaţia lor puternică le-a ajutat să-şi păstreze compoziţia originară. Elementele chimice care au „clădit" planeta Jupiter au fost şi au rămas de natură „solară". Cu toate că Pămîntul şi celelalte planete interioare s-au născut din aceeaşi nebuloasă, probabil pentru că s-au dezvoltat mai lent nu au putut să păstreze gazele uşoare, precum hidrogenul şi heliul. Aşa se face că cele două grupuri de planete s-au dezvoltat foarte diferit.

Dar dacă Jupiter este un corp ceresc atît de asemănător

cu Soarele şi celelalte stele, de ce nu şi-a continuat evoluţia ca să devină o stea?

Răspunsul are din nou legătură cu dimensiunile lui Jupiter. Deşi este de-ajuns de mare pentru a-şi fi păstrat compoziţia stelară şi familia de sateliţi naturali, nu a fost suficient de mare pentru a se fi declanşat acele reacţii nucleare în adîncul nucleului său, reacţii care ar fi putut iniţia o explozie stelară. Totuşi, trebuie remarcat că Jupiter emite mai multă energie decît primeşte de la Soare (spre deosebire de planetele interioare) – cauza fiind cantitatea imensă de căldură generată prin efect combinat de energia remanentă de la formarea planetei, uriaşa sa contractare gravitaţională şi alte procese.

Prima navă spaţială interplanetară care a ajuns la Jupiter a fost *Pioneer 10*, lansată în 1972. La 13 iunie 1983, după ce şi-a încheiat toate trecerile prin preajma planetelor planificate, a devenit primul obiect construit de oameni care a părăsit Sistemul Solar. Împreună cu nava geamănă *Pioneer 11*, a trimis pe Pământ cele mai bune informaţii şi fotografii de pînă atunci.

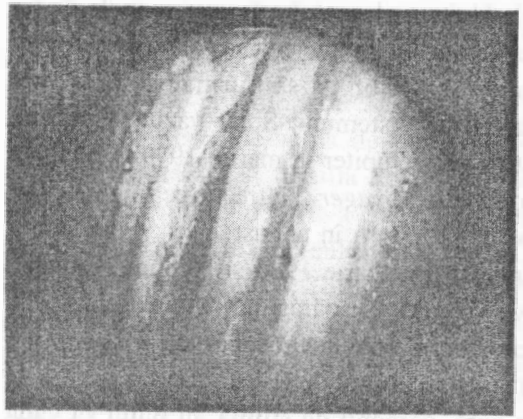


Sonda spaţială Voyager

Dar în 1977 Statele Unite au lansat două nave spaţiale de tip Voyager care aveau să transforme înţelegerea celor patru giganţi gazoşi ai sistemului exterior şi să furnizeze cele mai spectaculoase imagini ale Sistemului Solar văzute vreodată. *Voyager 1* a trecut pe lîngă Jupiter în martie 1979 şi pe lîngă Saturn în noiembrie 1980. *Voyager 2* a trecut pe lîngă Jupiter în iulie 1979 şi pe lîngă Saturn în august 1981, după care a trecut pe lîngă Uranus în ianuarie 1986 şi Neptun în august 1989. Ambele nave Voyager vor părăsi limitele exterioare ale vîntului solar (heliosfera), frontiera îndepărtată a sistemului nostru solar, cîndva în secolul al XXI-lea.

Pentru prima oară, oamenii de ştiinţă au putut să vadă de aproape Marea Pată Roşie a planetei şi să observe violentele mişcări atmosferice care au loc acolo. Spre uimirea lor, au descoperit că Jupiter are un sistem de inele, mult mai subţire decît al lui Saturn – cu o grosime de numai un kilometru şi compus din două părţi, una cu o lărgime de cca 800 de kilometri, cealaltă cu o lărgime de cca 5120 kilometri.

Totuşi, în cazul lui Jupiter, cea mai mare surpriză a fost provocată de primele planuri apropiate ale celor patru sateliţi galileeni descoperiţi de către Galileo Galilei în secolul al XVII-lea. Avînd în unele cazuri diametre cuprinse între o treime şi o jumătate din diametrul Pământului, aceşti sateliţi prezentau o varietate uluitoare. Io, o lume activă din punct de vedere vulcanic, de o frumuseţe violentă, cu o suprafaţă viu colorată în roşu şi galben, punctată de zeci de vulcani negri; Europa, aparent acoperită de un strat subţire de gheaţă de apă, cu suprafaţa brăzdată de o serie complexă de marcaje liniare, posibil fracturi uriaşe ale stratului de gheaţă; Ganymede, cel mai strălucitor satelit din sistemul lui Jupi-



Jupiter văzut de la 37,5 milioane de kilometri

ter, alcătuit probabil din apă şi rocă în proporţii egale, cu suprafaţa punctată de regiuni întunecate bogate în cratere şi multe linii paralele de munţi şi văi de orginie mai recentă (care indică o posibilă activitate tectonică similară cu cea a Pământului – vezi capitolul 5); şi Callisto, care, foarte ciudat, nu prezintă nici o urmă de istoric geologică activă – scoarţa sa groasă, îngheţată (cu o adîncime posibilă de pînă la 240 de kilometri) fiind cea mai ciuruită de cratere din întregul Sistem Solar. Care ar putea fi motivul acestei diversităţi?

Pe măsură ce planetologii continuă să studieze datele primite de la misiunile Pioneer şi Voyager, probabil că vor găsi unele răspunsuri la numeroasele întrebări ridicate de Jupiter. În 1989, o nouă misiune NASA, numită Galileo, a fost lansată pentru a ajunge la sistemul jupiterian în 1995*, avînd drept scop mai buna înţelegere a planetei. Din păcate,

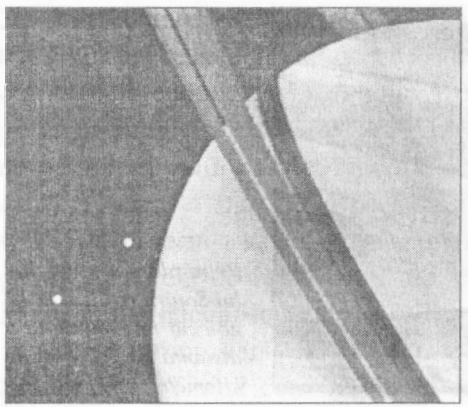
* Misiunea iniţială a lui Galileo s-a încheiat în decembrie 1997, după care a urmat o prelungire de doi ani, denumită Misiunea Europa, care s-a terminat la 31 ianuarie 2000 (n.tr.).

antena principală s-a blocat în 1990 şi unele date s-ar putea să se fi pierdut deoarece NASA nu se mai bazează decît pe antena secundară.

SATURN ŞI INELELE SALE

O dată văzută pe cerul nopţii prin ocularul unui telescop de amatori, strălucitoarea bijuterie care este planeta Saturn împreună cu inelele sale nu mai poate fi uitată. Galilei, primul om care a observat ciudatele umflături dovedite ulterior a fi inelele lui Saturn, s-a gîndit mult la ceea ce ar putea fi ele. „... Slăbiciunea înţelegerii mele ca şi teama de a nu greşi m-au derutat foarte mult", îi scria el unui prieten în 1612. Şi, pînă cînd *Pioneer 11* şi cele două misiuni Voyager au trimis pe Pământ prim-planuri, nici cele mai puternice telescoape terestre nu ne-au permis să descifrăm complexitatea structurii lor.

De la misiunile Pioneer am aflat în 1979 că Saturn este foarte rece, –172 °C, şi chiar mai rece în zona inelelor, –200 °C, ceea ce confirma teoria potrivit căreia inelele saturniene ar fi alcătuite în principal din gheaţă. Fotografiile

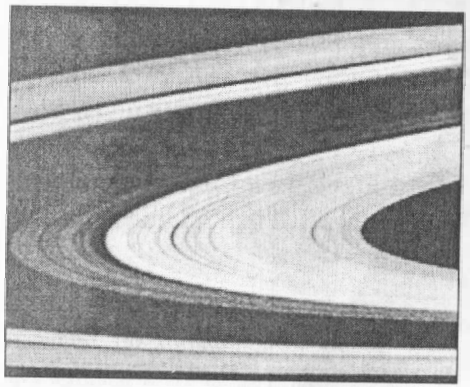


Saturn împreună cu sateliţii săi Tethys şi Dione

pe care Pioneer le-a făcut lui Saturn şi satelitului său cel mai mare, Titan, erau încețoşate, dar ele au pregătit terenul pentru imaginile mai clare, luate de la o distanță mai mică, trimise un an mai tîrziu de *Voyager 1* şi, după încă un an, de *Voyager 2*.

Privind prin ochii îndepărtați ai sondelor Voyager, oameni de ştiință au văzut o planetă mult mai tern colorată decît contrastele izbitoare de pe Jupiter. Întrucît Saturn este mai rece, planeta se supune unei dinamici şi unor reacții chimice diferite. Sondele Voyager au oferit totodată savanților primele imagini apropiate ale turbulențelor din centurile planetei precum şi din diferitele straturi ale atmosferei. Au măsurat vînturile de pe această planetă care ating 1800 km/h, de patru ori mai rapide decît cele întîlnite pe Jupiter. Totodată, sondele Voyager au verificat faptul că această planetă multi-inelară generează de două ori mai multă energie raportat la cît primeşte de la Soare, adică echivalentul a 100 de milioane de centrale electrice de mare putere.

Mai mult decît atît, inelele lui Saturn ascundeau şi alte surprize. Aceste regiuni orbitale compuse din rocă înghețată



Prim-plan al inelelor lui Saturn realizat la 12 noiembrie 1980 de la o distanță de 717 000 de kilometri

s-au dovedit mult mai complexe decît şi-ar fi imaginat vreodată cineva. Nu erau doar trei inele, aşa cum crezuseră pînă atunci astronomii, ci un sistem complex şi în continuă schimbare, alcătuit din zeci de mii de inele de dimensiuni mai mici. Sistemul de inele măsoară 400 000 de kilometri în diametru şi este compus din milioane de particule minuscule de gheață şi zăpadă. Sateliții aflați pe orbite apropiate de inele au produs bucle, mănunchiuri, ba chiar şi „cosițe" în structură. Iar alinierile radiale de praf arată ca nişte spițe ce radiază dinspre planetă şi prin inele.

Dintre cei nouă sateliți cunoscuți ai lui Saturn, cel mai mare interes l-a suscitat Titan, cunoscut ca „atmosferic", deoarece observațiile făcute de pe Pămînt au arătat că acest corp ceresc din gheață are o atmosferă alcătuită din metan şi că s-ar putea să fie prezente şi hidrocarburi. Mai mare decît planeta Mercur, Titan părea potrivit pentru a fi adăpostit oarecare forme de viață cîndva, în trecutul îndepărtat. Veştile primite de la Voyager erau şi mai interesante. Atmosfera lui Titan este mai densă de 1,5 ori față de cea terestră şi este compusă în cea mai mare parte din azot, cu un mic procentaj de metan. Înainte de Voyager, Pămîntul era considerat singurul loc din Sistemul Solar cu o atmosferă compusă mai ales din azot. De fapt, azotul de pe Titan înregistra niveluri de zece ori mai mari decît cele de pe Pămînt. Din păcate, reacțiile chimice din atmosfera densă au creat o stare cu aspect de smog, care a făcut ca suprafața propriu-zisă a lui Titan să fie practic invizibilă pentru camerele de luat vederi ale lui Voyager, aşa încît rămîn multe necunoscute despre Titan.

Ce se întîmplă în acel „smog" şi dedesubtul acestuia, la suprafață? Ținînd cont că azotul este de regulă un gaz

transparent şi că atmosfera este compusă în principal din azot, ce anume o înceţoşează? Desigur, mintea scriitorilor de science-fiction poate să zburde pornind din acest punct, dar oamenii de ştiinţă se gîndesc serios că reacţiile chimice care au loc ar putea fi similare cu cele care se produceau în atmosfera Terrei cu miliarde de ani în urmă. Actualmente nu este programată nici o misiune care să exploreze Titan, dar întrebările pe care le provoacă acest satelit misterios sînt numeroase.

În general, Voyager a înregistrat un succes fulminant pe Saturn, în vreme ce *Voyager 2* gonea pentru a vedea, pentru prima oară din apropiere, cea de-a şaptea planetă, Uranus.

MISTERIOSUL URANUS

Arătînd ca o minge de ping-pong verzuie pe cerul nopţii, Uranus nu a fost detectată deloc pînă în 1781, cînd a observat-o pentru prima oară William Herschel. Cu diametrul de patru ori mai mare decît al Pămîntului, Uranus parcurge o traiectorie orbitală care, în punctul de apropiere maximă faţă de astrul zilei, se află la o distanţă de 2 728 965 000 de kilometri de Soare. Înainte de Voyager, doar cinci dintre sateliţii săi erau cunoscuţi. Şi, pînă în 1977, puţine lucruri se cunoşteau despre această planetă, cu excepţia unei ciudăţenii majore: axa sa este „răsturnată", înclinată la 98 de grade. Aşa se face că, spre deosebire de celelalte planete, ale căror regiuni ecuatoriale sînt îndreptate spre Soare, Uranus se roteşte în jurul axei aproape orizontal. Pentru parcurgerea orbitei în jurul Soarelui, Uranus are nevoie de 84 de ani terestri, din care fiecare pol trece succesiv prin cîte 42 de ani de lumină, urmaţi de 42 de ani de întuneric.

În 1977, înainte de expediţia Voyager, un alt aspect a

ieşit la iveală din întîmplare. Un grup de astronomi efectuau observaţii de la bordul avionului NASA Kuiper Airborne Observatory, o aeronavă special echipată pentru altitudini mari, care poate zbura pe deasupra cetei constituite de atmosfera terestră, factor provocator de distorsiuni. Planul operaţiunii presupunea observarea lui Uranus în timp ce trecea prin faţa unei anumite stele, o metodă numită ocultare, frecvent folosită de astronomi pentru culegerea de informaţii suplimentare despre un obiect ceresc sau altul. Spre uimirea lor, lumina care provenea de la steaua din spatele planetei a coborît uşor înainte ca planeta să treacă prin faţa stelei şi la fel s-a întîmplat şi după aceea. Descoperiseră oare doi noi sateliţi situaţi de o parte şi de alta a planetei? Alte observaţii prin telescop au demonstrat că nu, ceea ce descoperiseră era faptul că Uranus avea inele!

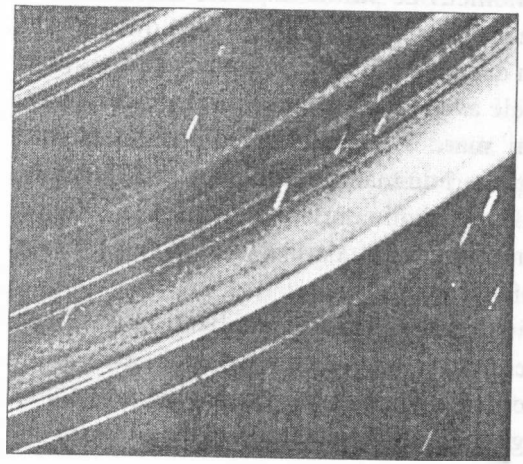
Aşa încît una dintre principalele sarcini ale misiunii Voyager a fost să cerceteze îndeaproape inelele lui Uranus. S-a dovedit că inelul cel mai apropiat de planetă se află la circa 16 000 de kilometri de stratul superior de nori ai lui Uranus şi că 11 inele (dintre care două au fost descoperite de Voyager) aveau doar între 5 şi 7,5 kilometri lăţime. Cele mai largi dintre inele aveau doar între 15 şi 50 de kilometri. O surpriză şi mai mare a fost aceea că inelele păreau alcătuite din bucăţi mari de materie de culoarea cărbunelui, majoritatea avînd dimensiuni cuprinse între 1 m şi 1000 de metri – mult mai mari decît particulele minuscule ale uriaşului sistem inelar saturnian.

O altă curiozitate pentru savanţii implicaţi în misiunea *Voyager 2* a fost cîmpul magnetic cu totul neobişnuit al lui Uranus. În vreme ce la majoritatea planetelor sistemului solar cîmpul magnetic este orientat de-a lungul axei de

rotaţie, cîmpul magnetic al lui Uranus este deplasat cu 55 de grade faţă de axa de rotaţie. O dată cu mişcarea de rotaţie a planetei în jurul propriei axe, cîmpul magnetic deplasat al acesteia oscilează în spaţiu. Iar vîntul solar provenit de la Soare, care trece prin preajma planetei, atrage partea îndepărtată a acestui cîmp oscilant într-o formă alungită, ca de banană, un efect nemaivăzut în altă parte.

S-a constatat că atmosfera alcătuită din hidrogen, azot, carbon şi oxigen a lui Uranus are un luciu straniu începînd de la stratul superior al atmosferei – posibil datorită luminii ultraviolete – şi întreaga planetă este învăluită într-o ceaţă asemănătoare cu smogul, cu o temperatură surprinzător de uniformă peste tot. Vînturi puternice, cu viteze de cca 320 km/h, de două ori mai puternice decît vînturile din troposfera Pămîntului, se mişcau prin straturile superioare de nori. Dar Voyager nu a putut penetra ceaţa.

Totuşi, sateliţii au fost aceia care i-au uimit pe membrii echipei ştiinţifice. Miranda, cel mai apropiat dintre ei, prezenta dovezi ale unei puternice activităţi geologice în



Întîlnirea dintre Voyager 2 *şi* Uranus: *imagine a inelelor planetei, cu particule de praf iluminate din spate*

trecutul său îndepărtat. Avea două feluri diferite de relief, unul foarte vechi şi ciuruit de cratere străvechi, celălalt mai nou şi mai complex, evident rezultat al unor modificări geologice importante. Suprafaţa sa era brăzdată de ciudate modele asemănătoare unor piste de curse şi amprente ca de frînghie. Şi, cu toate că Miranda are un diametru de numai 500 de kilometri, un canion adînc de 15 kilometri – de zece ori mai adînc decît Marele Canion de pe Terra – îi străbate suprafaţa. Voyager a trimis instantanee şi de pe ceilalţi patru sateliţi mari ai planetei. Ariel are văi largi şi curbate şi canioane pe o suprafaţă complexă, formată relativ de curînd. Umbriel este negru precum inelele lui Uranus. Titania prezintă dovezi ale unor ciocniri cu comete care au avut loc în ultimele 3-4 miliarde de ani. Iar Oberon, la fel ca Miranda, prezintă dovezi ale unor enorme falii, inclusiv munţi înalţi şi cratere care par să fi fost cîndva inundate de un fluid negru, după care au îngheţat pentru eternitate.

Vizita a fost scurtă, dar a lăsat echipei ştiinţifice care supraveghea misiunea o zestre de întrebări incitante şi provocatoare, în vreme ce Voyager se îndepărta de sistemul uranian în ianuarie 1986 ca să ajungă la ultima oprire înainte de a porni cu viteză spre marginea sistemului solar.

NEPTUN, GIGANTUL ÎNDEPĂRTAT

Deşi Neptun, cea de-a opta planetă a sistemului solar, se deplasează la o distanţă faţă de Soare cu circa 1,5 miliarde de kilometri mai mare decît Uranus, este o planetă similară în multe privinţe cu vecina ei îndepărtată. Este ultima, în ordinea distanţei faţă de Soare, dintre planetele gazoase şi, văzută prin telescoapele terestre, pare lipsită de forme de relief. Are un diametru de 3,8 ori mai mare decît al

Pământului, dar o masă de 17,2 ori mai mare. Atmosfera lui Neptun este alcătuită în principal din hidrogen, cu mici cantităţi de heliu şi metan, acesta din urmă fiind probabil răspunzător pentru nuanţa albăstrie a planetei. Unii oameni de ştiinţă cred totodată că metanul, deşi în cantităţi mici, ar putea afecta echilibrul energetic al planetei, absorbind lumina solară. În urma măsurătorilor efectuate de pe Pământ a reieşit că Neptun emite mai multă căldură decît absoarbe de la Soare. Unii savanţi consideră că acest exces de căldură poate fi provocat de o eliberare de energie ca urmare a scufundării treptate a moleculelor grele către nucleul planetei. Deşi cei mai mulţi dintre planetologi cred că Neptun nu are o suprafaţă solidă, densitatea planetei sugerează că aceasta ar putea avea un mic nucleu din rocă, cu o manta din apă, metan şi amoniac.

Dar în august 1989, cînd *Voyager 2* a trecut pe lîngă Neptun, a schimbat pentru totdeauna vechea imagine „anonimă" a marii planete albastre şi a sateliţilor săi. Înainte de Voyager, doar doi dintre sateliţii neptunieni erau cunoscuţi: Triton, care are aproximativ dimensiunea Lunii terestre, şi Nereida, a cărui orbită excentrică a făcut imposibilă fotografierea la rezoluţie mare. Încă din iunie 1989, cu două luni înainte de sosirea în preajma planetei, Voyager găsise un alt satelit, întunecat şi îngheţat, mai mare decît Nereida. Apoi, în apropierea sistemului de inele al planetei, a găsit nu mai puţin de cinci sateliţi mici, asemănători cu sateliţii însoţitori pe care Voyager îi găsise în apropierea inelelor lui Jupiter şi Saturn.

Încă de cum s-a apropiat de această stranie sferă albastră alcătuită din gaze care este Neptun, nava spaţială a descoperit un uriaş sistem de turbulenţe atmosferice, Marea

Pată Întunecată, care se întinde pe o arie de dimensiunile Pământului. Este localizată cam la aceeaşi altitudine ca şi Marea Pată Roşie de pe Jupiter şi dimensiunea ei relativă faţă de planetă este comparabilă. Biciuită de vînturi cu viteze de pînă la 720 km/h, Marea Pată Întunecată arată ca o păstaie uriaşă care explodează la unul din capete pe măsură ce se roteşte pe orbită în jurul planetei. Este doar unul dintre cele cîteva sisteme de turbulenţe de sub norii de mare altitudine care trec în viteză pe deasupra lor. Dar oamenii de ştiinţă nu-şi pot explica faptul că Neptun posedă o dinamică atît de turbulentă a furtunilor, dată fiind depărtarea faţă de energia solară.

O altă importantă surpriză descoperită de Voyager au reprezentat-o inelele lui Neptun care, de pe Pământ, păruseră nişte arce de cerc incomplete. Totuşi, marea depărtare a lui Neptun faţă de Pământ făcuse ca identificarea să fie extrem de dificilă, iar Voyager a stabilit că, deşi inelele sînt foarte firave, ele înconjoară în întregime planeta ca un sistem de inele.

Dar probabil că entuziasmul cel mai mare în legătură cu trecerea lui Voyager prin apropierea planetei s-a concentrat asupra lui Triton, cel mai mare dintre sateliţii neptunieni. Acest corp ceresc roz-pătat pare a fi cel mai rece loc din sistemul solar, avînd o temperatura de –240 °C. (Atît Pluto, cît şi Charon, pe care Voyager nu i-a vizitat, par a fi mai calde în urma măsurătorilor efectuate de pe Pământ, deşi sînt mult mai depărtate de Soare.) Triton pare totodată să posede vulcani de gheaţă care ar putea fi chiar activi, aruncînd cristale de azot îngheţat pînă la o înălţime de 24 de kilometri în atmosfera rarefiată.

Neptun a fost ultima oprire pentru *Voyager 2* înainte

de a se îndrepta spre marginea Sistemului Solar şi, mai departe, spre Calea Lactee. Mica navă spaţială, la fel ca şi nava geamănă, a lăsat în urmă un tezaur de informaţii şi imagini care continuă să stimuleze idei noi pe măsură ce oamenii de ştiinţă le examinează şi le analizează în sute de modalităţi diferite.

PLUTO, PELERINUL ÎNDEPĂRTAT

Privind către Soare de pe Pluto, de la o distanţă medie de 5,95 miliarde de kilometri, un viitor călător spaţial ar vedea o mică pată luminoasă pe cer, nu mai mare decît ne apare nouă, pe Pămînt, Jupiter. Cea de-a noua planetă în ordinea depărtării faţă de Soare, Pluto, este considerată ultimul avanpost al Sistemului nostru Solar. Pornind de la diametrul de numai 1600 de kilometri şi de la orbita foarte excentrică, unii savanţi au avansat ipoteza conform căreia Pluto nici n-ar fi planetă, ci o cometă, un asteroid sau chiar un „satelit" evadat din cîmpul gravitaţional al lui Neptun.

Pluto a fost descoperit abia în 1930, cînd Clyde W. Tombaugh l-a localizat cu ajutorul telescopului de la Observatorul Lowell din Arizona – pe bună dreptate, căci Percival Lowell a fost cel care a prezis existenţa lui Pluto pornind de la deviaţiile orbitale ale lui Saturn şi Uranus. În 1988, savanţii care zburau cu un avion la înălţimea de 12,5 kilometri au făcut observaţii directe asupra atmosferei lui Pluto, pe care planetologii doar o bănuiseră pînă atunci, fără să aibă dovezi. Foarte controversată a fost densitatea planetei. Deşi nici acum nu cunoaştem prea multe despre planetă, se crede că este compusă mai ales din gheaţă de apă cu o crustă de metan. Descoperirea acestei pojghiţe de metan pe suprafaţa lui Pluto în 1976 i-a făcut pe planetologi

să-şi reducă estimările cu privire la dimensiunile planetei. Pojghiţa de metan, au explicat ei, ar face ca planeta să reflecte o cantitate mai mare de lumină, determinîndu-i pe astronomi să creadă că Pluto ar fi mai mare decît în realitate.

În 1978, Pluto a mai oferit o surpriză atunci cînd cercetările conduse de către James W. Christy şi Robert S. Harrington au dus la descoperirea lui Charon, singurul satelit al lui Pluto. Cu un diametru de numai o zecime din cel al planetei, minusculul satelit este cel mai masiv – raportat la propria sa planetă – din întregul sistem solar.

Descoperirea lui Charon i-a ajutat şi mai mult pe savanţi în efortul de estimare cît mai realistă a masei lui Pluto. În consecinţă, astronomii şi-au dat seama că Pluto nu poate fi atît de mare precum se crezuse. Estimarea actuală a mărimii sale dă pentru diametru o valoare de aproximativ 3100 kilometri, cam un sfert din mărimea Pămîntului. De fapt, unii planetologi consideră că dimensiunea mică a lui Pluto ar justifica o retrogradare a acesteia de la categoria planetelor la cea a asteroizilor, dar atîta timp cît asteroizii nu au în general nici sateliţi proprii, nici atmosferă, pentru moment statutul lui Pluto pare sigur.

CUM A ÎNCEPUT TOTUL

Datele trimise de toate aceste nave spaţiale au contribuit foarte mult la completarea imaginii despre cum s-ar fi putut forma Sistemul Solar. Geologii planetari şi fizicienii continuă să studieze milioanele de fotografii, imagini şi statistici, iar modelările computerizate îi ajută să testeze scenarii diverse şi să măsoare rezultatele ciocnirilor, temperaturile, orbitele, unghiurile şi vitezele. Majoritatea a căzut de acord asupra faptului că Soarele, Pămîntul şi

celelalte opt planete ale sistemului solar s-au format acum ceva mai mult de 4,5 miliarde de ani prin contractarea unui uriaş nor (nebuloasa primordială) de gaz interstelar compus în principal din hidrogen, heliu şi praf. Nimeni nu ştie sigur ce anume a declanşat această contracţie, dar unii oameni de ştiinţă cred că s-ar putea să fi început atunci cînd undele de şoc de la o supernova apropiată, sau de la o explozie stelară, s-au propagat prin spaţiu, deranjînd echilibrul fragil al stării originare a norului. Oricare ar fi fost cauza, din momentul în care procesul a început, contracţia a continuat sub acţiunea naturală şi inevitabilă a atracţiei gravitaţionale din interiorul norului. Contractîndu-se şi rotindu-se violent, norul a căpătat o formă discoidală şi s-a aplatizat la limita sa exterioară. Între timp, imensa sferă de materie care s-a colectat în centrul său s-a contractat într-o masă din ce în ce mai grea pentru a deveni viitorul Soare.

Pe măsură ce norul a continuat să se rotească din ce în ce mai repede în jurul axei, miliardele sale de particule de praf au început să se ciocnească cu o violenţă şi o frecvenţă din ce în ce mai mari, concentrîndu-se în planul discului. Treptat, aceşti grăunţi s-au concentrat în corpuri din ce în ce mai mari. Iar cînd aceste „planetezimale", cei mai timpurii ancestori ai planetelor şi ai sateliţilor acestora, au atins o anumită dimensiune, nu au mai depins de ciocnirile întîmplătoare pentru a-şi spori masa. În schimb, masa acumulată le-a permis să adune din jurul lor, cu ajutorul gravitaţiei, tot mai multe particule de materie solidă. Aceste „protoplanete" s-au format treptat, cele mai multe dintre ele continuînd să se rotească în jurul axei şi pe orbită

corespunzător direcţiei imprimate de nebuloasa-mamă din care s-au născut.

Între timp, cu toate că masa uriaşă a Soarelui aflat într-o evoluţie lentă nu declanşase încă furnalul său nuclear, temperaturile din interiorul Sistemului Solar au ajuns suficient de mari pentru a menţine în stare gazoasă unele substanţe volatile precum apa, metanul şi amoniacul. Astfel, planetele interioare s-au format din componente nevolatile ale nebuloasei, precum fierul şi silicaţii. Dar la distanţe mai mari de Soarele embrionar, temperaturile mai scăzute au permis substanţelor volatile să fie încorporate în formarea planetelor exterioare gigantice (Jupiter, Saturn, Uranus şi Neptun), permiţînd în acelaşi timp acestor giganţi să se extindă prin atragerea şi acumularea unor mari cantităţi de elemente uşoare, precum hidrogenul şi heliul provenite din nebuloasa înconjurătoare.

Pe măsură ce Soarele îşi continua colapsul, iar densitatea şi temperatura din nucleul lui interior a început să crească, acesta s-a apropiat de temperatura critică de cca 10 milioane de grade Kelvin şi a început să genereze energie prin fuziunea nucleară a hidrogenului. O dată declanşat acest proces, Soarele a început să genereze un vînt solar, un flux de particule cu sarcină electrică şi, asemenea unei suflante gigantice, a început să împingă restul de gaz şi de particule de praf în afara sistemului solar.

Între timp, încălzite de radioactivitatea internă şi de energia generată prin acumularea materiei, nucleele protoplanetelor au început să se topească, formînd structura internă pe care o au planetele şi astăzi. În sfîrşit, planetezimalele rămase, cele prea grele pentru a fi măturate de vîntul solar, au început să bombardeze planetele aflate

în evoluţie, bombardament care a durat o jumătate de miliard de ani şi ale cărui urme se pot vedea şi în zilele noastre ca nişte cicatrice pe suprafaţa planetelor.

A MERITAT?

Oamenii şi-au dorit dintotdeauna să ştie cum şi de ce funcţionează lucrurile, şi chiar în asta constă „ştiinţa pură": în găsirea de răspunsuri, în formularea de noi întrebări, în găsirea de noi răspunsuri şi observarea unor noi modele repetitive şi a modului în care lucrurile se potrivesc unele cu celelalte. Dar găsirea de răspunsuri a devenit foarte costisitoare şi mulţi oameni întreabă pe bună dreptate: de ce trebuie să ştim? Cum putem justifica trimiterea de astronave spre alte planete cînd oamenii mor pe Pămînt din cauza unor boli care ar putea fi tratate şi din cauza foametei care este nenecesară?

Poate că cel mai bun răspuns este acela potrivit căruia pe parcursul scurtului interval de timp de cînd există oamenii, prin comparaţie cu toate speciile care au trăit vreodată pe Pămînt, succesele pe care le-am obţinut în prelungirea şi ameliorarea vieţii omeneşti au rezultat întotdeauna din eforturile noastre de a şti şi de a înţelege.

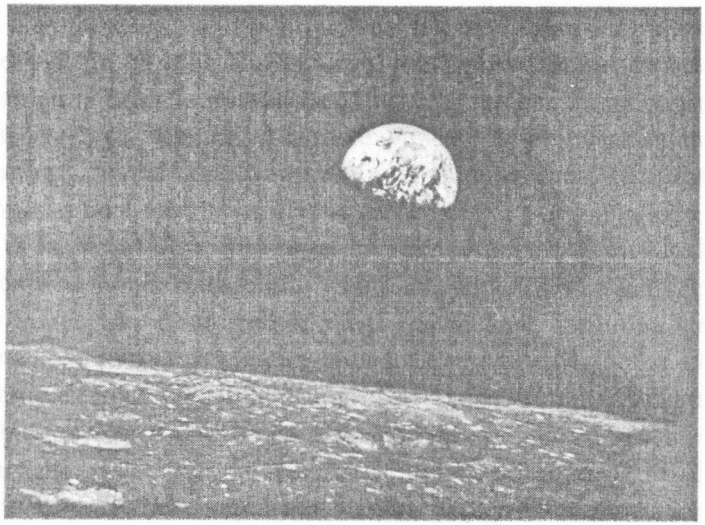
În acest caz, înţelegerea care vine de la studiul comparativ al atmosferelor, geologiei, dinamicii magnetice şi al restului fenomenelor fizice şi chimice implicate nu poate fi dobîndită nicicum altfel. Diversitatea tipurilor şi complexitatea elementelor descoperite pînă în prezent i-au uluit pe oamenii de ştiinţă, au dat naştere la numeroase întrebări şi au pus la încercare numeroase supoziţii. Cel mai direct şi mai important rezultat al explorării planetare este noua şi presanta înţelegere pe care am dobîndit-o cu

privire la natura delicată a proprici noastre planete – unicitatea ecosistemului terestru în Sistemul Solar şi paralelismul avertizant cu planetele lipsite de viaţă şi neospitaliere pe care le-am cercetat.

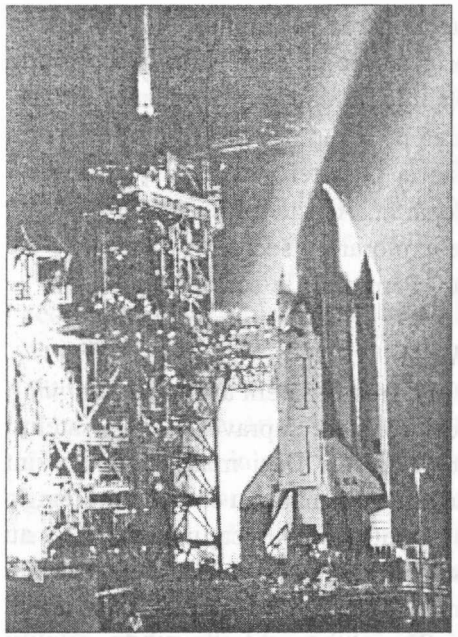
CAPITOLUL 5

MISIUNE CĂTRE PLANETA PĂMÎNT

După explorarea cuptoarelor stîncoase şi a uriaşelor sfere gazoase care se mişcă pe orbite împreună cu noi în jurul



Răsăritul Pământului văzut de pe Lună



Naveta spaţială concepută de NASA a lansat numeroşi sateliţi de vizualizare a resurselor terestre, precum şi nenumăraţi alţi sateliţi pentru măsurarea modificărilor din atmosferă, din oceane şi din scoarţa terestră

Soarelui, Pământul nostru pare tot mai mult o oază bine venită printre planete, aşa cum poate fi văzut din spaţiu, răsucindu-se ca o bilă de marmură albastră, verde şi alb. Apa îi scaldă suprafaţa, radiaţia binevoitoare a Soarelui îi încălzeşte blînd atmosfera care este bogată în azot şi oxigen şi acoperă totul asemenea unei plăpumi hrănitoare şi protectoare. Este singura planetă cunoscută în momentul de faţă care găzduieşte viaţa – şi explorarea spaţială a Sistemului nostru Solar a servit drept un sănătos memento în legătură cu fragilitatea sistemelor complicate care asigură existenţa organismelor vii pe Terra. În ultima jumătate a secolului al XX-lea, pe măsură ce geologii, specialiştii în studiul atmosferei, oceanografii şi specialiştii în resurse au explorat

forţele angrenate în funcţionarea sistemului, ci s-au folosit de o gamă tot mai cuprinzătoare de noi instrumente, printre care putem aminti planetologia comparată, datarea cu carbon radioactiv, modelarea pe computer şi cartografierea prin satelit, reconstituind istoria planetei noastre şi prezicîndu-i viitorul apropiat şi îndepărtat. Aceste eforturi combinate au constituit o misiune de explorare a secretelor complexe ale propriei noastre planete, Pămîntul, la scară globală.

VEDERE DIN SPAŢIU

Începînd cu succesul primului satelit artificial, *Sputnik I*, în 1957, Pămîntul a fost constant supravegheat de sateliţii aflaţi pe orbite la mare înălţime. Deşi mulţi dintre ei sînt folosiţi pentru colectarea de informaţii cu caracter militar, în scopuri comerciale sau pentru comunicaţii, mulţi alţii au studiat mediul şi resursele Pămîntului. Primul satelit Landsat (*Landsat I*) a fost trimis în 1972 şi de atunci i-au urmat mulţi alţii. Înconjurînd Pămîntul pe diferite orbite, sateliţii au descoperit centura de radiaţii Van Allen, au urmărit deplasările peştilor în oceane, au descoperit drumuri şi oraşe antice în deşert, şi au monitorizat creşterea vegetaţiei şi răspîndirea poluării. Sateliţii meteorologici ne-au permis să obţinem prognoze rezonabil de exacte pe intervale de cinci zile, pe lîngă informaţii extrem de preţioase despre atmosfera terestră, inclusiv descoperirea unei găuri tot mai mari în stratul protector de ozon din stratosfera superioară. Sateliţii de vizualizare a resurselor urmăresc schimbările care au loc în pădurile şi recoltele de pe întreg globul şi localizează depozitele minerale. Iar oceanografii au folosit informaţiile furnizate de sateliţi pentru a studia dinamica oceanului planetar şi a curenţilor săi enormi, de importanţă vitală.

DERIVA CONTINENTELOR

Această revoluţie a felului în care înţelegem scoarţa terestră s-a produs în deceniile şase şi şapte ale secolului al XX-lea, cînd geologii au emis ideea că scoarţa terestră este fragmentată într-un număr de plăci mari care se mişcă unele faţă de celelalte. Rădăcinile acestei idei trebuie căutate cu un secol mai devreme, atunci cînd geologul statului New York, James Hall (1811–1898), a observat că sedimentele acumulate de-a lungul lanţurilor muntoase sînt de cel puţin zece ori mai groase decît în regiunile interioare ale continentelor. Din aceste observaţii s-a dezvoltat ideea potrivit căreia scoarţa unui continent s-a format din vechile sinclinale pliate în suprafaţa Pămîntului care au crescut în grosime prin acumulări progresive de sedimente, după care au devenit mai dure şi s-au consolidat.

Între anii 1908 şi 1912, geologul german Alfred Lothar Wegener, alături de alţii, a ajuns la concluzia că aceste continente, pe parcursul unor lungi intervale de timp, tind să se rupă, să se depărteze prin derivă şi în cele din urmă să se ciocnească. Aceste coliziuni încreţesc acumulările de sedimente din sinclinalele pliate şi astfel se formează lanţurile muntoase.

Wegener a argumentat că felul cum marginile continentelor se potrivesc unele cu altele ca piesele unui joc de puzzle confirmă conceptul de derivă a continentelor. În plus, el a arătat că formaţiunile de roci de pe cele două coaste ale Atlanticului – în Brazilia şi în Africa – corespund în ceea ce priveşte vîrsta, tipul şi structura. Ele conţin totodată fosile ale aceloraşi vietăţi de uscat, fiinţe care nu ar fi reuşit să traverseze înot oceanul. Totuşi, nu toată lumea s-a lăsat convinsă, în special geofizicienii.

De aici începe partea mai recentă a poveştii. Geologul englez Sir Edward Crisp Bullard (1907–1979) a analizat pe computer felul în care se asamblează aceste două continente şi a găsit o potrivire perfectă. Alte margini oceanice nu prezintă totuşi acelaşi gen de dovezi clare, mai ales în jurul Oceanelor Pacific şi Indian. Mulţi geologi consideră că lanţurile muntoase se află şi acum în curs de formare de-a lungul ţărmurilor Oceanului Pacific, explicînd existenţa lanţurilor paralele, a şirurilor de vulcani şi a frecventelor cutremure de pămînt din aceste regiuni.

Studiile fundului oceanului cu dispozitive de tip sonar în anii '20 au permis oamenilor de ştiinţă să cartografieze şi să modeleze fundul oceanic cu o nouă precizie, ceea ce a dus la descoperirea faptului că lanţul muntos din mijlocul oceanului, găsit în secolul al XIX-lea cu ocazia întinderii cablului, pe sub Atlantic, are o lungime de peste 65 000 de kilometri, înconjurînd aproape globul terestru. Dar după cel de-al doilea război mondial, geofizicienii marini au adaptat magnetometrul aerian militar şi au măsurat variaţiile locale în intensitatea şi orientarea cîmpului magnetic sub nivelul mării. Aceasta l-a ajutat pe geofizicianul american James Ransom Heirtzler (n.1925) să vadă, făcînd măsurători de o parte şi alta a lanţului muntos, că fiecare dintre cei doi versanţi poate fi considerat imaginea în oglindă a celuilalt.

Alte studii, folosindu-se datarea cu radioizotopi a rocilor bazaltice din creştetul lanţului şi a sedimentelor de pe versanţi la anumite intervale, au dezvăluit că, raportată la istoria Pămîntului, culmea lanţului muntos este extrem de tînără – doar aproximativ un milion de ani – şi că, cu cît

ne îndepărtăm de mijloc, pe versanţi, rocile scoarţei sînt din ce în ce mai vechi, iar stratul de sediment mai gros. Geofizicienii au ajuns la concluzia că lanţul muntos din Atlanticul de Nord este locul unde se crează noua scoarţă oceanică, purtată de curenţii de convecţie ca lavă fierbinte şi răcită imediat la contactul cu apele adînci ale oceanului. Segmentele de scoarţă de pe fiecare versant se separă continuu, cu o viteză de 1 cm pe an în Atlanticul de Nord şi cu aproape 5 cm anual în Pacific. Aceste viteze de deplasare relativ mici, susţinute energetic de curenţii de convecţie termică proveniţi din adîncurile mantalei terestre, au provocat ceea ce numim deriva continentală. Aceeaşi mare crăpătură a fundului oceanic se leagă de Marea Fisură care străbate Africa de Est, acolo unde plăcile tectonice africană şi arabă s-au ciocnit şi s-au desprins una de alta, creînd o vale străjuită de falii geologice paralele. Aceasta este o regiune unde activitatea vulcanică intensă a făcut prăpăd, în vreme ce segmentele de rocă în mişcare ascensională au creat maluri abrupte, iar porţiunile de fund oceanic aflate în mişcare descendentă au creat mari depresiuni care s-au umplut cu apă pentru a forma celebrele lacuri ale Africii, precum Lacul Victoria (unde îşi are izvorul Nilul) şi Lacul Turkana. (Aceste regiuni au devenit totodată şi unele dintre cele mai bogate surse de fosile umane şi umanoide găsite vreodată, aspect discutat mai pe larg în capitolul 8.)

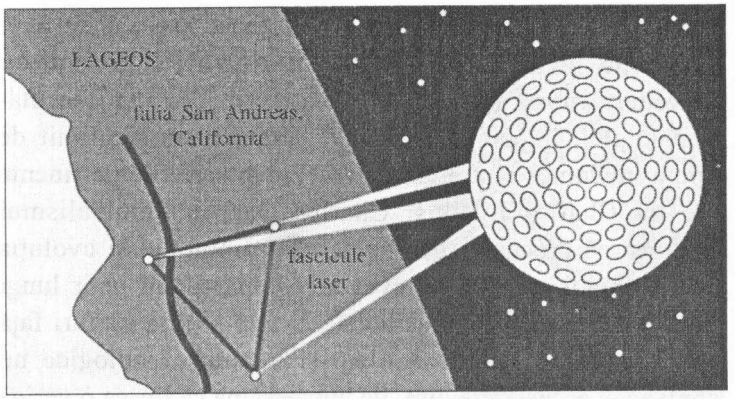
Oamenii de ştiinţă de la Universitatea Columbia au definitivat hărţile detaliate ale fundului oceanic în anii '60, cînd Harry Hess a formulat ideea conform căreia o nouă scoarţă oceanică se formează în preajma fisurii, în vreme

cc vechea scoarţă se scufundă în şanţurile adînci de pc fundul oceanic. (Un asemenea şanţ este situat în largul Insulelor Filipine din Pacific.) Cunoscută ca întinderea fundului oceanic, teoria lui Hess a fost confirmată prin măsurarea vîrstei rocilor dragate de pe fundul oceanic.

Geologii au sintetizat ideile lui Hess despre întinderea fundului oceanic şi teoriile despre deriva continentală într-o singură teorie, cunoscută ca teoria integrată a tectonicii plăcilor (*tectonică* înseamnă mişcarea scoarţei terestre). Conform acestei teorii, scoarţa terestră este fragmentată în mai multe plăci mari, unele dintre ele constînd din porţiuni ale scoarţei acoperite în totalitate de apă, în vreme ce altele sînt zone dc scoarţă continentală. Prin analiza datelor seismice, geologii au descoperit că, la adîncimi situate între 50 şi 130 de kilometri, sub scoarţă se află un strat oarecum fluid, aflat într-o mişcare lentă şi ale cărui deplasări contribuie la mişcărilc plăcilor. Uneori, plăcile se ciocnesc unele cu altele, din ciocnire rezultînd formarea de munţi, vulcani şi falii de-a lungul cărora se produc cutremure de pămînt. Una dintre plăci, de exemplu, conţine cea mai mare parte a scoarţei care se află sub Oceanul Pacific; o alta conţine continentul nord-american şi jumătatea vestică a scoarţei care se află sub Atlantic.

Tectonica plăcilor explică diverse fenomene geologice, cum ar fi existenţa munţilor (împinşi în sus de suprapunerea plăcilor sau de presiunile reciproce exercitate în timpul ciocnirii), localizarea vulcanilor şi a cutremurelor (provocate de tensiunea acumulată între plăci), şi formarea şanţurilor şi fisurilor pe fundul oceanului (atunci cînd plăcile se îndepărtează una de cealaltă).

Deşi unii geologi nu au acceptat teoria la început, spre



Satelitul LAGEOS (Laser Geodynamics Satellite) a fost lansat în 1976 pentru a ajuta la prezicerea viitoarelor cutremure în regiunea foarte populată a Golfului San Francisco. Satelitul măsoară direcţia şi valoarea deplasării plăcilor Pacificului şi nord-americană prin comunicarea cu trei staţii de la sol situate pe ambele părţi ale faliei San Andreas

sfîrşitul deceniului al nouălea al secolului al XX-lea au existat dovezi ferme că plăcile se mişcă potrivit modelelor prezise. Tcoria a reuşit să prczică cu succes multc caracteristici ale suprafeţei terestre, iar în anii '80, folosirea unor sateliţi precum LAGEOS şi a măsurătorilor cu dispozitive laser a permis savanţilor să determine că mişcările lente alc plăcilor au loc cu o viteză de aproximativ 2,5 cm pe an.

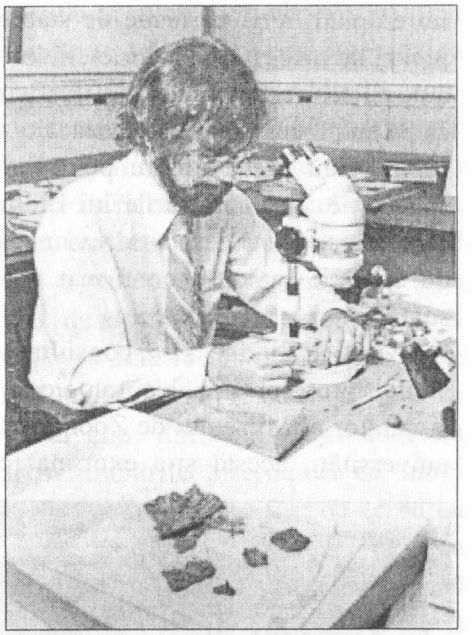
DISPARIŢIA MISTERIOASĂ A DINOZAURILOR

Începînd din secolul al XVIII-lea, geologii s-au angajat în controverse aprinse în legătură cu istoria Pămîntului şi cu modul în care a evoluat acesta de-a lungul mileniilor. Unii geologi şi zoologi comparatişti foarte respectaţi din secolele al XVIII-lea şi al XIX-lea, printre care biologii Georges Cuvier şi Charles Bonnet, credeau că istoria Terrei

trebuie să fi inclus catastrofe periodice. Dar nu au avut suficiente dovezi ca să-şi susţină afirmaţiile şi punctul lor de vedere a fost răsturnat de o altă teorie, cea a uniformitarianismului, înlocuită ulterior de gradualism. Sprijinit de opera lui James Hutton şi de teoriile şi scrierile pertinente ale lui Charles Lyell şi Charles Darwin, gradualismul susţinea că procesele geologice ale Pământului şi evoluţia organismelor sale vii au avut loc pe parcursul unor lungi intervale de timp, fără schimbări bruşte şi fără rupturi faţă de trecut. Acolo unde fosilele şi straturile geologice nu confirmau această premisă, de bună seamă că lipsea o verigă din „dosar".

Aşa încît, în 1972, cînd Niles Eldredge şi Stephen Jay Gould au enunţat ideea „echilibrului întrerupt", ei au ştiut că va fi o teorie controversată. De fapt, ea a inspirat cea mai pasionată controversă a deceniului asupra evoluţiei.

Eldredge, care a devenit preşedinte şi curator al Secţiei de Nevertebrate (creaturi fără coloană vertebrală) a Muzeului American de Istorie Naturală în anii '80, a efectuat un studiu al fosilelor trilobite de pe întreg teritoriul nord-estic al Statelor Unite. La fel ca şi creveţii şi crabii, trilobiţii – de mult dispăruţi – îşi purtau scheletele pe partea exterioară şi se debarasau de ele atunci cînd creşteau. Aşa încît este posibil să se găsească pînă la douăzeci de schelete trilobite fosilizate lăsate de un trilobit pe parcursul vieţii, ceea ce face ca fosilele de trilobite să fie mult mai uşor de găsit decît, să zicem, fosilele de dinozauri. Tînărul bărbat înalt şi slab, cu barbă şi ochelari, a cutreierat şi a scotocit prin toate zonele îndepărtate ale statelor New York şi Ontario, precum şi o arie de-a lungul rîului Ausable din Ontario. A găsit mostre bune, dintre care unele aveau în jur de 350 de milioane de ani vechime.



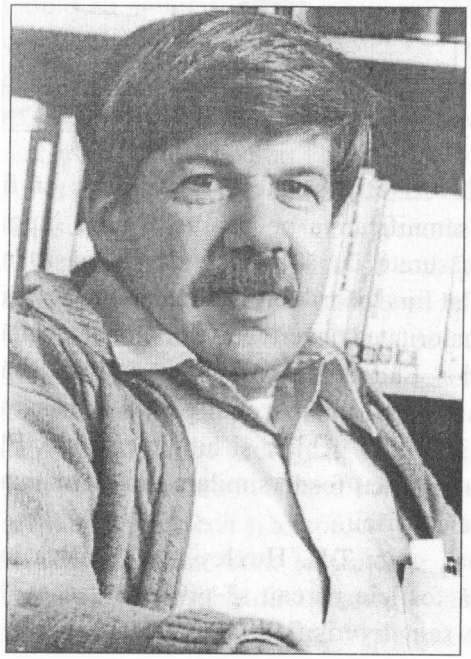
Niles Eldredge

Dar a găsit puţine dovezi care să ateste că trilobiţii ar fi suferit o schimbare semnificativă pe parcursul unor lungi perioade de timp, măsurate după locul unde i-a găsit în straturile geologice. Dat fiind că trilobiţii au mai multe detalii fosile vizibile decît majoritatea nevertebratelor – ochi, coadă şi creste ale corpului – Eldredge a fost în măsură să facă comparaţii detaliate, folosind microscopul pentru a măsura distanţa dintre ochi, înălţimea ochilor şi lungimea cozii. El şi-a comparat descoperirile cu fosile similare din Germania şi regiunile nordice ale Africii.

Atunci a observat, ca şi T.H. Huxley şi alţi cîţiva în secolul precedent, că fosilele păreau să prezinte „accese" de schimbări bruşte sau diversificări în alte specii noi,

întrerupînd lungi perioade de stabilitate. Cînd Huxley i-a prezentat această idee prietenului său Charles Darwin, autorul teoriei evoluționiste, Darwin, care vedea evoluția ca pe un proces gradat şi constant, a replicat că înregistrările fosile erau prea sumare pentru a susține o asemenea speculație. Dar cercetările lui Eldredge asupra trilobiților au fost vaste, iar descoperirea unor perioade relativ scurte de evoluție rapidă a confirmat argumentația veche de o sută de ani a lui Huxley.

Cînd Eldredge şi-a consultat colegul, Stephen Jay Gould, profesor de paleontologie la Universitatea Harvard şi curator al Muzeului de Zoologie Comparată al aceleiaşi universități, acesta şi-a exprimat cu entuziasm acordul.



Stephen Jay Gould

Gould investigase variațiile şi evoluția melcilor de uscat din Insulele Bahamas, care au trăit în aceeaşi perioadă ca şi trilobiții, iar acum a confirmat ideea lui Eldredge conform căreia sosise timpul să se recunoască povestea unor modele episodice relatată de roci şi de fosile. Cei doi au elaborat împreună ideea şi au publicat un articol comun în care descriau modelul evoluționist numit de Gould „echilibrul întrerupt". Ei argumentau că gradualismul nu a fost niciodată confirmat de dovezile oferite de fosile şi roci. De fapt, schimbările au avut loc în intervale de timp relativ scurte (cam de 100 000 de ani – ceea ce, în timp geologic, înseamnă cît ai clipi din ochi, după cum s-a exprimat Gould). Iar schimbările alternează cu lungi perioade de stabilitate. Nu toată lumea a fost de acord cu această teorie revoluționară, dar ea a pregătit terenul pentru o descoperire geologică întîmplătoare, publicată în 1980 de geofizicianul Walter Alvarez, care a readus subit teoria catastrofică în prim-planul gîndirii ştiințifice.

Alvarez lucra la un sit din Italia unde cerceta straturile antice de sedimentare pentru a testa vitezele cu care s-au depus. El l-a rugat pe tatăl său, fizicianul Luis Walter Alvarez, laureat al premiului Nobel, să-l ajute la determinarea prezenței anumitor metale, printre care iridiul, în nişte mostre de argilă. Tatăl lui avea colegi la Laboratorul Lawrence Berkeley care aveau acces la echipamentul necesar pentru verificarea prezenței metalelor grele în argilă, iar fiul său l-a convins să efectueze cîteva analize pe argila italiană. Spre surprinderea generală, unul dintre straturile de argilă prezenta niveluri de concentrație de 25 de ori mai mari decît straturile imediat următoare, de dedesubtul şi de

deasupra lui. S-a întîmplat că stratul cu concentraţie mare de iridiu era chiar stratul care fusese depus cu 65 milioane de ani în urmă, la sfîrşitul erei cretacice, puţin înainte de începutul erei terţiare, într-o perioadă cunoscută sub numele de graniţa dintre cretacic şi terţiar sau, mai pe scurt în jargonul geologilor, graniţa K-T. Întrebarea era – de ce? Mai mult decît atît, atunci cînd au fost analizate mostrele din perioada K-T provenite din toată lumea, s-a constatat că prezintă acelaşi nivel ridicat de iridiu!

Iridiul este un element rar pe Pămînt, dar se găseşte din abundenţă în asteroizi şi comete. Aşa se face că Alvarez, tatăl şi fiul, şi colegii lor au formulat o idee foarte controversată: iridiul s-a depus atunci cînd un corp ceresc de mari dimensiuni s-a ciocnit cu Pămîntul – un asteroid sau o cometă, avînd probabil un diametru de peste zece kilometri. O asemenea ciocnire, spuneau ei, ar putea explica nu numai conţinutul ridicat de iridiu şi de alte metale neobişnuite pe care le-au găsit, dar şi „marea dispariţie" care a avut loc la sfîrşitul erei cretacice – extincţia dinozaurilor şi a majorităţii formelor de viaţă care dominaseră triasicul, cretacicul şi jurasicul. Ei şi-au continuat raţionamentul spunînd că, atunci cînd s-a lovit de Pămînt, asteroidul a trimis în atmosferă nori uriaşi de praf încărcat cu iridiu şi alte metale care se găsesc în compoziţia atmosferei, fapt ce a obturat complet radiaţia solară timp de cinci ani. Lipsa luminii solare a răcit Pămîntul şi a întrerupt fotosinteza, ceea ce a dus la dispariţia majorităţii plantelor de pe Pămînt, iar asta a însemnat sfîrşitul unei mari părţi a vieţii animale – unii estimează o proporţie de dispariţie de 75% sau mai mult. În cele din urmă, iridiul a

fost filtrat din atmosferă şi s-a depus în stratul de rocă ce corespunde perioadei K-T.

Ideea a fost preluată cu entuziasm de presa populară şi revista *Time* a publicat un articol de fond intitulat: DINOZAURII AU FOST UCIŞI DE COMETĂ? Apăruse o explicaţie la dispariţia dinozaurilor care era susţinută de dovezi concrete. Dar teoria era îndrăzneaţă şi controversată, şi nu toată lumea a acceptat-o.

Şi totuşi, unii au dus ideea mai departe. Bine cunoscuta extincţie în masă de la graniţa K-T nu a fost singura din istoria Pămîntului. Cînd cercetătorii David M. Raup şi J. John Sepkoski, Jr. au analizat celelalte extincţii în masă apărute la graniţa K-T, ei au observat un model repetitiv regulat, cu producerea unor extincţii similare la intervale cuprinse între 26 şi 28 de milioane de ani. N-au reuşit să găsească nici un factor terestru care să fi putut provoca genul acesta de „mari dispariţii" ciclice. Dar factorii extratereştri? Ideea cea mai de seamă era aceea potrivit căreia ceva tulbură periodic norul de comete – cunoscut ca Norul lui Oort – situat la marginea sistemului solar, iar cînd acest lucru se întîmplă, circa un milion de comete cad spre Soare, şi aproape sigur cîteva dintre ele lovesc Pămîntul, provocînd catastrofe de genul extincţiilor în masă.

Dar ce ar fi putut să provoace o tulburare atît de violentă a echilibrului sistemului solar? Una dintre teorii se centrează în jurul ideii că Soarele nostru ar avea un „frate geamăn", o stea însoţitoare numită Nemesis, care ajunge periodic suficient de aproape de Norul lui Oort de la marginea micului nostru sistem alcătuit din nouă planete pentru a arunca cometele sau asteroizii în vrie. Căutarea lui Ne-

mesis continuă, dar misterul rămîne deschis pentru noi idei şi noi investigaţii.

Deşi mare parte din noua teorie a catastrofelor rămîne controversată, ideea care a declanşat totul, anume impactul unui obiect în perioada de tranziţie dintre cretacic şi terţiar, a fost treptat acceptată de majoritatea geologilor şi paleontologilor. Indiferent dacă restul teoriei rezistă, fie că Nemesis există sau nu, se pare că ceva a lovit Pămîntul într-un moment pe care acum îl vedem ca „graniţa K-T" şi a provocat extincţii în masă. Motivul exact rămîne deschis cercetărilor.

Investigarea acestor idei, inclusiv modelarea pe computer a reacţiilor atmosferice la un asemenea eveniment catastrofal, a stîrnit noi explorări, iniţiate de astronomul Carl Sagan şi de biologul Paul Ehrlich, cu privire la ceea ce s-ar putea întîmpla în cazul celei mai temute dintre toate catastrofele provocate de om, războiul nuclear. Astfel, conceptul de iarnă nucleară a devenit o altă derivată a teorici lui Alvarez despre moartea „necurată" a dinozaurilor, provocată de răcirea Pămîntului ca urmare a acoperirii cerului cu funingine şi nori de praf.

GAURA DIN STRATUL DE OZON

Ultima jumătate a secolului al XX-lea a fost martora unei spectaculoase schimbări a perspectivei noastre asupra Pămîntului văzut ca o planetă generoasă şi indestructibilă – o schimbare provocată în parte şi de imaginea pe care am dobîndit-o privind Pămîntul din spaţiu. Una dintre observaţiile făcute se referă la dispariţia unor mari cantităţi de ozon din atmosferă.

Ozonul a fost o componentă esenţială a ecologiei Pămîntului vreme de peste un miliard de ani. La începutul istoriei planetei, cînd plantele au început să contribuie la creşterea proporţiei de oxigen din atmosferă, ozonul a început şi el să se formeze prin interacţiunea dintre energia solară şi oxigen. Ca rezultat, s-a format un strat de ozon (O_3) care se constituie într-un vast scut centrat la circa 32 de kilometri deasupra planetei, protejînd viaţa terestră împotriva radiaţiilor ultraviolete care pot fi vătămătoare, uneori chiar letale. O dată cu dispariţia ozonului şi a protecţiei pe care o asigură, oamenii se confruntă cu o creştere a cazurilor de cancer de piele, iar toate formele de viaţă pot fi puternic afectate. În plus, din cauza reacţiilor chimice care însoţesc acest fenomen, planeta se confruntă cu o tendinţă generală de încălzire, care ar putea provoca topirea calotelor de gheaţă polare şi modificări de anvergură în agricultură şi în echilibrul ecologic al Terrei.

Oamenii de ştiinţă au observat pentru prima oară că ozonul dispare din straturile superioare ale atmosferei în deceniul al optulea al secolului al XX-lea, dar 1985 a fost anul în care drama a ajuns la un deznodămînt brusc şi neaşteptat. Din datele raportate de satelitul meteorologic Nimbus 7, savanţii au descoperit că s-a dezvoltat o gaură în stratul de ozon pe cerul de deasupra Antarcticii în timpul primăverii din emisfera sudică, în fiecare septembrie şi octombrie, cu începere din 1973.

În 1986, o gaură similară, dar de dimensiuni mai mici, a fost descoperită deasupra Arcticii cu ajutorul baloanelor lansate prima oară din orăşelul canadian Alert din apropierea Polului Nord. Savanţii de la Departamentul pentru Mediu al

Canadei, ale căror instrumente erau transportate de baloane, au descoperit un vast crater deasupra Polului Nord, un fel de „gaură de drenaj" pentru ozonul din emisfera nordică.

Încă din 1974, F. Sherwood Rowland şi Mario Molina au avertizat că freonii (derivaţi fluoruraţi sau fluoroclоuraţi ai etanului şi metanului), utilizaţi pe scară largă ca agenţi de răcire, în tuburile de spray şi la ambalarea cu polistiren expandat, ar putea provoca o epuizare a stratului de ozon. Pe la mijlocul anului 1988 a devenit clar, în urma cercetărilor efectuate, că unul dintre principalii responsabili pentru dispariţia ozonului din straturile superioare ale atmosferei este freonul. În urma unui proces chimic complicat, cînd aceste substanţe chimice ajung în atmosfera superioară, componentele lor se combină cu ozonul şi formează alte substanţe. De unde rezultă dispariţia ozonului.

În ultimul deceniu al secolului al XX-lea s-a renunţat în sfîrşit la folosirea freonilor. Ca urmare a unor tratate internaţionale privind protecţia mediului înconjurător, mai multe corporaţii de localuri fast-food au renunţat la ambalarea cu polistiren, în sprayuri se folosesc mai puţini freoni, iar în instalaţiile de răcire se utilizează acum refrigerenţi care nu întrebuinţează tipul „ucigaş" de freon. Dar unii savanţi îndeamnă la continuarea imediată a acţiunii de protecţie a mediului. Aşa cum s-a exprimat Joe Pinto, un specialist în chimia atmosferei, „Nu ne putem duce acolo sus cu aspiratoare, şi nici nu putem să pompăm mai mult ozon".

EFECTUL DE SERĂ AL PĂMÎNTULUI

Unul dintre cele mai provocatoare efecte ale noii imagini pe care o avem despre Venus – despre care se credea cîndva că ar fi un fel de grădină a raiului – este

recunoaşterea faptului că, fără doar şi poate, Venus a avut cîndva, asemenea Pămîntului, întinse oceane de apă. Acum acele oceane s-au evaporat de mult din pricina arşiţei arzătoare din atmosfera ca de cuptor a lui Venus, care s-a transformat într-un adevărat furnal unde nu poate supravieţui nici o fiinţă. Ar fi oare posibil ca oceanele şi atmosfera Pămîntului să parcurgă acelaşi traseu?

Pe pămînt, nivelurile crescînde de deşeuri de dioxid de carbon aruncate în atmosferă de automobile şi fabrici, combinate cu freonii care au deteriorat stratul protector de ozon, au provocat o creştere generală sesizabilă a temperaturii. Defrişarea masivă a pădurilor tropicale a stricat echilibrul dintre dioxidul de carbon şi oxigen din atmosferă. (Botanistul Wayte Thomas de la Grădina Botanică din New York estima în 1993 că, de la sosirea primilor exploratori portughezi, în urmă cu cinci sute de ani, oamenii au distrus 98 % din pădurile de pe coasta atlantică a Braziliei.)

Unii specialişti în studiul atmosferei au estimat că, dacă vom continua să eliminăm dioxidul de carbon în ritmul actual, nivelul de dioxid de carbon atmosferic se va dubla pe la mijlocul secolului al XXI-lea. Modelări recente de computer au indicat că în aproximativ 140 de ani nivelul curent se va cvadrupla, producînd o slăbire a sistemului de curenţi oceanici care transportă căldura în jurul globului. Aceasta va crea schimbări majore în circulaţia oceanică, reducînd amestecul dintre apa de adîncime şi cea de la suprafaţa oceanului şi limitînd schimbul prin care nutrienţii din adîncurile oceanului sînt aduşi la suprafaţă, iar oxigenul de la suprafaţă este dus în regiunile adînci. Atmosfera se va încălzi treptat pînă la o temperatură egală cu cea existentă

pe Pământ în era cretacică, acum 65 de milioane de ani, cînd trăiau dinozaurii şi ambele calote polare se topiseră. Aceiaşi specialişti adaugă că procesul nu va fi reversibil la acele nivcluri ale creşterii, deşi, dacă nivelul de dioxid de carbon doar se dublează, curenţii oceanici vor reveni treptat la starea anterioară pe parcursul următoarelor secole.

Deşi s-au exprimat multe dezacorduri cu aceste statistici, mesajul este clar: ori recunoaştem şi modificăm efectele pe care le producem asupra propriei noastre atmosfere, ori vom suferi consecinţe enorme asupra mediului nostru înconjurător în secolul următor.

O dată cu recunoaşterea de către tot mai multă lume a fragilităţii planetei noastre, se conturează un nou apel la comunitatea internaţională pentru negocierea unei administrări mai raţionale a Terrei. Lecţiile învăţate de la cei doi Alvarez, de la Sagan şi Ehrlich ne arată ce se întîmplă atunci cînd atmosfera terestră devine impură, indiferent prin ce mijloace. O privire asupra condiţiilor de pe Venus avertizează asupra pericolelor unui efect de seră scăpat de sub control. Creşterea incidenţei cancerului de piele, mai ales în Australia, semnalează urgenţa controlării cauzelor ce au produs gaura din stratul de ozon. Iar fragilitatea speciilor şi a habitaturilor lor naturale pledează pentru o reflecţie matură asupra mediului în care ne ducem viaţa şi a echilibrului de care are nevoie planeta noastră. Doar timpul ne va spune dacă sîntem capabili să devenim nişte buni manageri. Dar de un lucru putem fi siguri: nu ne putem administra cum se cuvine mediul decît dacă descoperim şi înţelegem toate modalităţile prin care părţile implicate

interacţionează unele cu altele – începînd cu constituenţii fundamentali. Această temă a marcat eforturile cercetătorilor implicaţi în studierea ştiinţelor fizice în ultima jumătate de secol şi a infuzat totodată activitatea savanţilor de pe tărîmul ştiinţelor vieţii.

PARTEA a II-a

ŞTIINŢELE VIEŢII DIN 1946 PÎNĂ ÎN ULTIMUL DECENIU AL SECOLULUI AL XX-LEA

CAPITOLUL 6

ARHITECȚII VIEȚII: PROTEINELE, ADN-UL ȘI ARN-UL

Înainte de începutul secolului al XX-lea, rolul central jucat în modelarea tuturor ființelor vii de către o anumită moleculă complicată era unul dintre cele mai bine păstrate secrete ale naturii. Cine putea să-și imagineze că molecula cunoscută sub numele de acid dezoxiribonucleic (ADN) este marele arhitect al vieții? Sau că acidul ribonucleic ar putea să funcționeze ca mesager al ei? Calea de investigare care a dus la descoperire a fost una întortocheată și abruptă. În primul rînd, descoperirea acestor roluri a presupus progrese în trei domenii științifice separate: citologia (studiul celulelor la microscop), genetica și chimia.

Aidoma cercetătorilor în domeniul fizicii particulelor în științele fizicii, savanții din domeniul științelor vieții au intrat în a doua jumătate a secolului al XX-lea cu misiunea de a explora cele mai mici și mai elementare elemente componente din domeniul lor, esența ființelor vii – proteinele, ADN-ul și ARN-ul – la cel mai de bază nivel.

Din acest demers s-a născut, prin combinarea biochimiei şi fizicii, o nouă disciplină ştiinţifică: biologia moleculară. Este o disciplină pe care, acum o sută de ani, puţini şi-ar fi putut-o imagina: examinarea proceselor vieţii la nivelul molecular, a cărui existenţă nu o cunoscuse nimeni înainte de începutul secolului, cînd activitatea lui Gregor Mendel în domeniul geneticii a fost redescoperită şi biologii au început să examineze rolul cromozomilor în ereditate.

Cu toate că Friedrich Miescher observase în 1869 prezenţa acizilor nucleici în nucleul celulelor, iar în anii 1880 Walther Flemming descoperise cromozomii (structuri alungite şi subţiri pe care le observase în timpul diviziunii celulare), nimeni nu cunoştea existenţa unei conexiuni cu ereditatea. Abia în 1907, cînd Thomas Hunt Morgan şi-a început experimentele de încrucişare cu musculiţa de oţet (foarte sceptic la început), a demarat cu adevărat studiul asupra eredităţii şi asupra mecanismelor sale minuscule, dar puternice. În laboratorul său de la Universitatea Columbia, acest savant a reuşit să dovedească, în 1911, faptul că cromozomii sînt purtătorii agenţilor eredităţii.

Între timp, în chimie, Phoebus Aaron Theodore Levene a descoperit, în 1909, că acizii nucleici conţin un zahar – riboza. Douăzeci de ani mai tîrziu, tot el a descoperit că alţi acizi nucleici conţin un alt zahar, dezoxiriboza, stabilind că există două tipuri de acizi nucleici: acid ribonucleic (ARN) şi acid dezoxiribonucleic (ADN). Ca urmare, cercetările asupra naturii chimice a acestor substanţe s-au pus în mişcare.

Însă nimeni nu bănuia existenţa unei legături între ADN şi ereditate fiindcă, deşi cromozomii conţineau ADN, mai conţineau şi proteine, care păreau mult mai complexe.

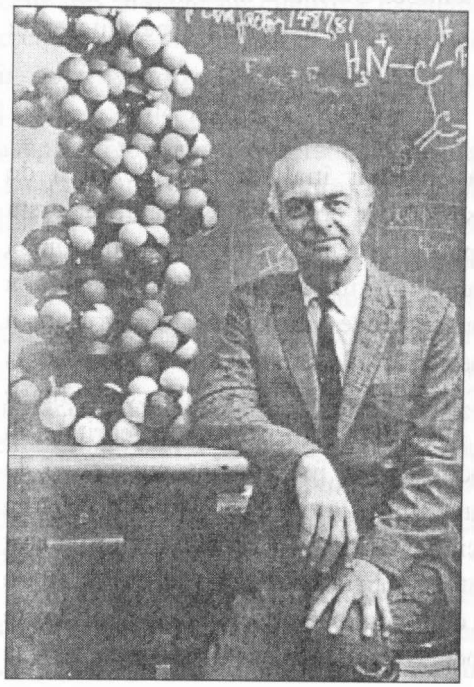
Aşadar, proteinele păreau candidatul cel mai potrivit pentru misiunea de purtător al materialului genetic – aceasta pînă în 1944, cînd Oswald Avery cu o echipă de cercetători au descoperit că ADN-ul, nu proteinele, conţine materialul genetic al fiinţelor vii.

Prin 1946 era deja limpede că toate formele de viaţă folosesc două categorii de substanţe chimice: una care depozitează informaţiile şi o a doua care acţionează pe baza acestor informaţii în direcţia duplicării organismului. Se înţelesese chiar şi faptul că enzimele duc la îndeplinire instrucţiunile şi că ADN-ul deţine planul arhitectural, care este de asemenea transmis generaţiei următoare sub forma unei copii aproape identice. Un lucru încă nu ştia nimeni: ce structură ar putea avea ADN-ul pentru a permite toate aceste procese.

DUBLUL HELIX

Jim Watson era un tînăr înalt şi firav, extrem de inteligent şi ambiţios încă din copilărie. De fapt, la vîrsta de doisprezece ani participase la o emisiune radiofonică despre „copiii minune" intitulată *Quiz Kids*. Watson a absolvit liceul la cincisprezece ani; după alţi patru ani a obţinut două diplome de absolvire (filozofie şi ştiinţe) la Universitatea din Chicago. Încă din adolescenţă luase hotărîrea de a face ceva care să-i aducă „celebritate în ştiinţă". Spre norocul lui, a mai urmat cursuri şi la Universitatea Indiana, unde a studiat sub îndrumarea eminentului genetician Hermann J. Muller şi a lucrat împreună cu Salvatore Luria şi Max Delbrück, care deveniseră experţi în domeniul bacteriofagilor (virusuri care atacă bacteriile). Apoi Watson a plecat la Copenhaga să

urmeze cursuri postuniversitare. Printr-o pură întîmplare, l-a cunoscut pe Maurice Wilkins, care cerceta cristalografia cu raze X a ADN-ului la Colegiul Regal din Londra. Ideea de a aplica cristalografia (metodă de analiză chimică şi fizică) asupra ADN-ului, un compus organic, era surprinzătoare şi i-a atras atenţia lui Watson. Doar cîteva zile mai tîrziu s-a răspîndit vestea că, la Caltech, Linus Pauling, regele chimici în vremea aceea, a elaborat un model tridimensional al structurii proteinelor: un helix. Forma de bază a unui helix este spirala sau arcul, ca la unele caiete (deşi modelul lui Pauling nu prea semăna cu aşa ceva).



Linus Pauling

Acesta a fost momentul în care James Watson s-a hotărît să plece la Londra ca să înveţe mai multe despre ADN. Însă în cele din urmă a ajuns să solicite angajarea la Laboratoarele Cavendish de la Cambridge, unde l-a cunoscut pe fizicianul Francis Crick. Acesta, cu doisprezece ani mai în vîrstă decît Watson, lucra sub coordonarea lui Max Perutz într-un proiect de utilizare a cristalografiei cu raze X pentru determinarea structurii hemoglobinei, iar instruirea lui în domeniul fizicii aducea proiectului noi unghiuri de abordare.

Lui Watson i-a plăcut de la început stilul de gîndire al lui Crick şi cei doi păreau să se înţeleagă surprinzător de bine. Cînd discutau, îşi terminau reciproc frazele şi pe amîndoi îi fascinau aceleaşi lucruri. Cu ajutorul unor mici manevre de culise (căci Watson primise bursă de studii în Copenhaga), în 1951 Watson a început să lucreze cu Crick. Teoretic, însă, n-ar fi trebuit să cerceteze structura ADN-ului; acesta era teritoriul lui Wilkins şi Laboratorul Cavendish nu dorea să-l calce pe bătături. Aşa se face că cei doi savanţi îşi desfăşurau activitatea cu privire la ADN în particular, în timpul liber.

Despre ADN se cunoşteau deja cîteva lucruri. Judecînd după fotografiile pe care Rosalind Franklin, colega lui Wilkins, le realizase cu ajutorul cristalografiei cu raze X, părea că şi ADN-ul formează un helix, la fel ca proteincle. Se mai ştia, de asemenea, că ADN-ul constă dintr-un lanţ lung de nucleotide şi că acest lanţ conţine o alternanţă de compuşi zaharoşi şi fosfatici. De la fiecare zahar se extindea o bază azotată. Activitatea lui Wilkins a evidenţiat faptul (surprinzător) că lăţimea moleculei rămîne constantă pe toată lungimea ei.

Crick şi Watson şi-au propus să afle cum sînt aranjaţi atomii componenţi aşa încît să-i confere moleculei o

structură regulată, stabilitate chimică şi să-i permită să se copieze cu exactitate. Cum se puteau potrivi toate aceste date între ele? Cîte helixuri erau? Cum erau poziţionate exact bazele azotate? Ieşeau oare în afară, dînd spiralei o înfăţişare „ţepoasă"?

Watson a participat la o prelegere susţinută de doamna Franklin, în care ea şi-a prezentat rezultatele preliminare. Doamna Franklin, care studiase la Paris tehnicile de difracţie a razelor X, desfăşurase cu claritate şi precizie teste menite să compare efectul diferitelor grade de umiditate asupra rezultatelor sale. A observat că fotografiile pe care le face arată constant forma elicoidală a moleculei, dar voia să facă şi alte teste, cît mai meticuloase, înainte de a presupune că molecula ia o formă elicoidală în orice condiţii. Şi chiar dacă doamna Franklin făcea fotografii tot mai clare arătînd difracţiile, detaliile structurii complexe rămîneau greu de evidenţiat. Ea a descris totuşi amănunţit ceea ce a văzut şi

Francis Crick (stînga) şi James Watson (dreapta) savurîndu-şi cafeaua într-o dimineaţă în biroul lor comun de la Laboratoarele Cavendish

şi-a exprimat opinia personală conform căreia compuşii zaharoşi şi cei fosfatici, coloana vertebrală a helixului, se află la exterior, iar bazele azotate la interior. A afirmat că toate acestea sînt doar speculaţii. Watson a ascultat cu mare atenţie, dar nu şi-a luat notiţe, căci se bizuia pe memoria sa, îndeobşte excelentă.

Rosalind Franklin

Watson s-a întors la Cambridge avînd în minte informaţiile obţinute din prelegerea doamnei Franklin; el şi Crick şi-au spus, optimişti, că nu sînt departe de a construi un model. În cîte feluri se puteau potrivi lucrurile? Au început să construiască. Însă de data aceasta Watson şi-a amintit datele incorect. În primul rînd, nu şi-a amintit cifra

dată de doamna Franklin pentru cantitatea de apă din ADN – circa opt molecule de apă pentru fiecare nucleotidă din ADN, după estimările ei. Watson a crezut că ea vorbise de circa opt molecule de apă pentru fiecare segment al moleculei de ADN – o cantitate mult mai mică de apă. În plus, nu şi-a amintit remarca doamnei Franklin cu privire la poziţia bazelor azotate. Crick şi Watson au alcătuit un model compus din trei lanţuri de nucleotide, cu structura centrală de zaharuri şi fosfaţi la interior şi bazele azotate la exterior. Această dispunere corespundea datelor aduse de Watson de la Londra; cei doi erau încrezători că au rezolvat problema la numai douăzeci şi patru de ore după ce se apucaseră de lucru.

A doua zi i-au invitat pe Wilkins, pe doamna Franklin şi pe alţi cîţiva colegi să vină să vadă modelul alcătuit de ei. Comentariile doamnei Franklin i-au dezumflat. Ea a văzut imediat greşelile provocate de folosirea unor date incorecte şi a spus-o direct. O moleculă proiectată aşa cum o construiseră ei nu avea cum să conţină o cantitate de apă mult mai mică decît conţinea în realitate.

Watson şi Crick se simţeau extrem de demoralizaţi şi jenaţi.

Dar nu-şi puteau lua gîndul de la ADN. Şi aveau întruna veşti despre Pauling. Ştiau că Pauling lucrează probabil la acelaşi proiect, dar din cele auzite îşi puteau da seama că nu părea să se afle pe calea cea bună.

Rămîneau în continuare nerezolvate mai multe probleme de mare importanţă. Cîte helixuri sînt răsucite laolaltă într-o moleculă? Bazele azotate se află la interior sau la exterior? Rosalind Franklin spusese că, după părerea ei, se află la interior, dar dacă e adevărat, atunci cum sînt ele dispuse? În zilele noastre, cercetătorul poate introduce nişte ecuaţii

într-un computer personal, obţinînd astfel o serie de modele ipotetice. Dar în anii '50 nu era atît de uşor. De aceea, Crick a rugat un prieten matematician, John Griffith, să stabilească în cîte moduri se pot atrage reciproc patru baze azotate. Griffith a constatat că forţele electrice impun doar două combinaţii: adenina cu timina şi citozina cu guanina.

Al doilea element al enigmei perechilor de baze azotate s-a ivit dintr-o discuţie întîmplătoare avută de Crick şi Watson într-o zi, la masa de prînz, cu biochimistul Erwin Chargaff de la Universitatea Columbia. Chargaff a menţionat faptul că „raportul 1:1" despre care publicase o lucrare cu trei ani mai devreme ar putea să-i intereseze pe toţi cei care cercetează structura ADN-ului. Din păcate, Watson şi Crick nu ştiau nimic despre raportul 1:1 şi, jenaţi, au trebuit să-şi recunoască neştiinţa. Chargaff se referea la descoperirea pe care o făcuse testînd mai multe substanţe biologice diferite: anume că se găsesc cantităţi egale (raport de 1:1) de adenină şi timină şi, la fel, de citozină şi guanină. Aceasta înseamnă că, indiferent de specie (indiferent dacă ADN-ul provine de la un peşte, de la un mamifer sau de la o reptilă), raportul va fi acelaşi.

Lui Crick nu i-a trebuit mult timp să vadă rolul de indicator pe care-l aveau atît raportul de 1:1 al lui Chargaff, cît şi calculele matematice ale lui Griffith. Bazele azotate din ADN trebuie să formeze perechi într-un fel anume: adenina cu timina, iar citozina cu guanina.

Dar Crick şi Watson tot nu reuşeau să facă progrese reale. Nu aveau acces la informaţiile cruciale obţinute în domeniu, fiindcă Rosalind Franklin şi Maurice Wilkins, doi dintre cei mai importanţi cercetători, nu comunicau cu ei. (De fapt, relaţiile dintre Wilkins şi Franklin erau cît se poate de proaste; cei doi abia dacă-şi vorbeau, cu toate că se presupunea că

lucrează împreună.) Desigur, oficial, Crick şi Watson nu desfăşurau cercetări asupra ADN-ului, iar modul în care abordau problema, construind modele şi apoi încercînd să le facă să se potrivească cu datele existente, părea pentru doamna Franklin şi pentru mulţi alţii „a pune căruţa înaintea calului".

Şi a sosit vestea-bombă: Linus Pauling a elaborat o structură a ADN-ului. În perioada aceea, Peter, fiul lui Linus Pauling, făcea cercetări la Cambridge şi se împrietenise cu conaţionalul său, americanul Watson. Aşa se face că, în ianuarie 1953, cînd Peter a primit un exemplar din lucrarea tatălui său cu privire la structura ADN-ului, i l-a dat şi prietenului său. Crick şi Watson au răsfoit agitaţi paginile. Reuşise oare Pauling să le-o ia înainte?

Nu. Pauling postulase un model tri-elicoidal cu bazele azotate la exterior, nu la interior. Iar Crick şi Watson se convinseseră între timp că o asemenea dispunere este incorectă. Pauling făcuse în lucrare şi alte greşeli care i-au surprins pe savanţii mai tineri.

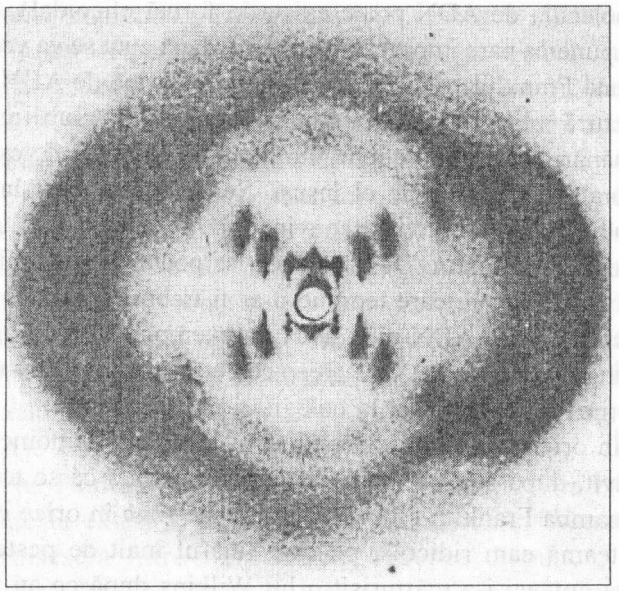
Aşadar, mai aveau o şansă. Watson s-a hotărît ca, folosind pretextul unor treburi de rezolvat în Londra, să fixeze o întîlnire cu Maurice Wilkins. Această hotărîre şi un fel de talent dezagreabil de a face descoperiri – vor constitui cheia de care aveau nevoie cei doi tineri savanţi. Cînd Watson a sosit la Colegiul Regal, Wilkins era ocupat, astfel că Watson a trecut mai întîi pe la Rosalind Franklin. I-a arătat acesteia lucrarea lui Pauling şi doamna Franklin s-a înfuriat, însă din motive neclare*. Watson a presupus că enervarea ei s-a datorat faptului că ea nu era de părere

* Există doar o versiune a întîmplării, cea a lui Watson, întrucît doamna Franklin nu a lăsat nici o însemnare scrisă despre această întîlnire intrată între timp în istorie.

că molecula de ADN poate exista în formă elicoidală. Dar presupunerea pare improbabilă întrucît, după cum se va vedea, doamna Franklin ştia deja că cel puţin o formă de ADN are structură elicoidală. Watson a încercat să sublinieze asemănările dintre modelul lui Pauling şi primul, eşuat, elaborat de Crick şi de el însuşi. Se poate ca acest lucru, părînd o încercare de a o convinge că a greşit, s-o fi iritat pe doamna Franklin. De asemenea, se poate să se fi mîniat pentru că Watson, care teoretic n-ar fi trebuit să desfăşoare cercetări asupra ADN-ului, avea un exemplar al lucrării lui Pauling, în timp ce ea, care *făcea* cercetări asupra ADN-ului, nu primise aşa ceva de la colegii ei din California.

În orice caz, Wilkins a intrat în încăpere la momentul potrivit, după spusele lui Watson, care afirmă că se temea că doamna Franklin e în stare să-l atace fizic în orice clipă – o teamă cam ridicolă, pe care tînărul înalt de peste un metru optzeci i-a mărturisit-o lui Wilkins după ce au ieşit din biroul ei. Wilkins, care începuse cu stîngul relaţia cu doamna Franklin încă din clipa venirii ei la Colegiul Regal şi înfruntase nu o dată asemenea răbufniri, părea deschis la noul mod de a înţelege lucrurile prezentat de Watson.

Acest exemplu arată că, din păcate, asemeni oricărui demers omenesc, descoperirea ştiinţifică poate fi ori împiedicată, ori ajutată de crizele neprevăzute de gelozie şi lipsa de comunicare dintre oameni. În ziua aceea, la mai multe luni după descoperire, Wilkins i-a dezvăluit lui Watson în cele din urmă unul din cele mai semnificative rezultate obţinute de doamna Franklin: descoperise două forme de ADN, pe care le-a numit forma A şi forma B. Spre deosebire de forma A, asupra căreia nu se putuse pronunţa categoric în privinţa formei elicoidale, această nouă formă B avea neîndoielnic o formă elicoidală.



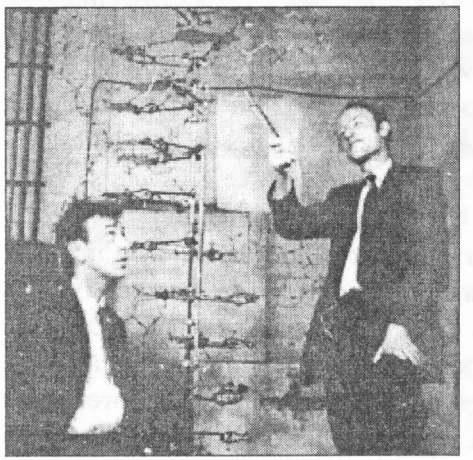
O fotografie a moleculei de ADN, forma B, obținută cu ajutorul difracției razelor X, efectuată de Rosalind Franklin spre sfîrșitul anului 1952

Watson, emoționat, a vrut să știe dacă poate vedea o fotografie a formei B. S-a dovedit că Wilkins făcuse în taină cópii după toate fotografiile obținute de Rosalind Franklin, fiindcă ea urma să plece peste cîteva luni la o altă instituție, iar el se temea că o să plece cu toate rezultatele obținute la Colegiul Regal fără să-i lase nimic. Întrucît lăsase relația lor să se înrăutățească atît de mult, fără îndoială că nu a avut curajul să-i ceară doamnei Franklin cópii după rezultate. În orice caz, așa se face că avea un exemplar din celebra (pentru noi) fotografie numărul 51 a doamnei Franklin, care arăta limpede structura formei B.

„În clipa în care am văzut fotografia, am rămas cu gura căscată și pulsul meu a luat-o la galop", scria ulterior Watson în relatarea autobiografică a acestei perioade, intitulată *Dublul helix*. „Era incredibil mai simplă decît cele obținute înainte (forma A). În plus, intersecția celor două dungi negre care domină imaginea nu poate proveni decît dintr-o structură elicoidală."

În sfîrșit, Crick și Watson aveau la dispoziție indiciile care le erau necesare. S-au hotărît, pe baza fotografiei numărul 51 a doamnei Rosalind Franklin, să ia din nou în considerare dublul helix. La capătul a cinci săptămîni lungi de încercări și erori, au conceput un nou model.

Molecula de ADN propusă de ei consta din două helixuri înfășurate unul în jurul celuilalt, oarecum asemănător cu o scară în spirală, cu treptele formate din grupuri de atomi pereche. Bazele azotate pereche se îndreaptă spre interior de pe cele două helixuri paralele. Apoi, în timpul replicării, cele două laturi (catene) ale



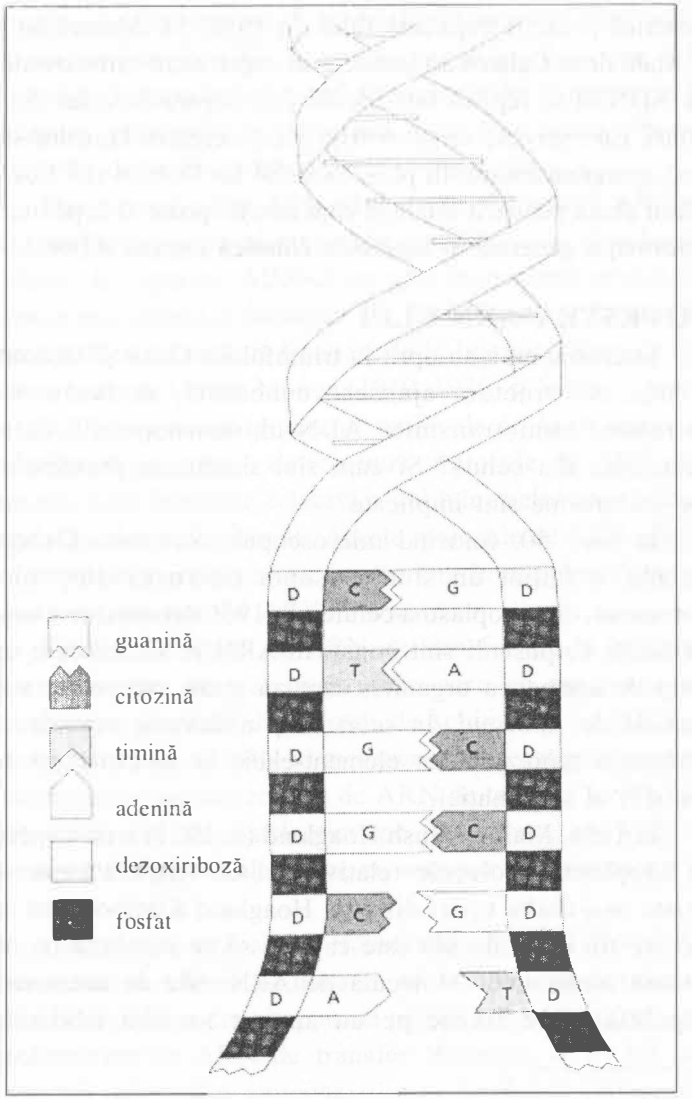
Watson și Crick admiră modelul moleculei de ADN elaborat de ei

helixului ADN se despart înainte de scindarea perechilor de cromozomi, lăsînd bazele azotate libere să se cupleze din nou. Fiecare latură a helixului dublu reprezintă un model, o matriță pentru celălalt. În diviziunea celulară, fiecare dublu helix de ADN se va despărți în două laturi, iar fiecare latură își va construi latura pereche, complementară. Împerechind bazele azotate la fel ca înainte (nefiind posibil nici un alt mod), molecula de ADN se poate replica fără greşeală.

Modelul ADN-ului elaborat de Watson şi Crick era atît de logic încît a fost acceptat aproape instantaneu. Reuşiseră! Noul model al ADN-ului permitea oamenilor să vizualizeze felul în care această moleculă poate îndruma construirea altor molecule. Principiul de bază al modului în care se reproduce o specie era, în sfîrşit, descoperit. Era aprilie 1953.

Watson, Crick şi Wilkins au primit premiul Nobel pentru fiziologie sau medicină în anul 1962. (Doamna Franklin a murit de cancer în 1958, înaintea decernării premiului şi, întrucît premiul Nobel nu se acordă niciodată postum, ea nu şi-a primit partea de recunoaştere.) Pauling, care a primit un premiu Nobel în 1954 pentru cercetările făcute asupra legăturilor chimice, a primit în 1962 un alt premiu Nobel, pentru pace, ca recunoaştere a opoziției sale față de testarea în atmosferă a armelor nucleare (ceea ce l-a făcut să fie al doilea dublu-laureat Nobel, după Marie Curie).

Puținc descoperiri ştiințifice din istorie au avut impactul dublu, în egală măsură imediat şi de perspectivă, ca descoperirea de către Crick şi Watson a structurii ADN-ului. Modelul dublu elicoidal elaborat de ei nu numai că oferea structura moleculei de ADN, ci, în plus, preconiza mecanismul (pe baza separării laturilor) prin care informația



Structura ADN-ului

genetică poate fi duplicată fidel. În 1958, M. Messelson şi F. Stahl de la Caltech au încheiat un experiment care dovedea că ADN-ul se replică într-adevăr prin separarea celor două laturi, care servesc drept matriţe pentru crearea laturilor-surori, complementare. În plus, modelul lui Watson şi Crick a oferit cheia pentru a înţelege cum anume poate fi depozitată informaţia genetică în molecula chimică numită ADN.

POVESTEA ARN-ULUI

Lucrurile nu s-au oprit la triumful lui Crick şi Watson. Acum, că structura ajunsese cunoscută, se iveau noi întrebări: cum transmite ADN-ul instrucţiunile către proteinele din celulă? Şi cum sînt sintetizate proteinele? Ce mecanisme sînt implicate?

În anii '50, folosind microscopul electronic, George Palade* a iniţiat un studiu asupra microzomilor, mici corpusculi din citoplasma celulei. În 1956 demonstrase deja că aceşti corpusculi sînt bogaţi în ARN şi identificase un grup de asemenea organite, care au ajuns cunoscute sub numele de *ribozomi*. În scurt timp a devenit evident că ribozomii reprezintă un element-cheie în mecanismul de transfer al informaţiei.

În 1956, Mahlon Bush Hoagland (n. 1921) a descoperit în citoplasmă molecule relativ mici de ARN. Păreau să existe mai multe tipuri diferite. Hoagland a demonstrat că fiecare tip de moleculă este capabil să se combine cu un anumit aminoacid. Molecula de ARN este de asemenea capabilă să se fixeze pe un anumit loc din ribozom.

* Medic şi biolog american de origine română. Premiul Nobel pentru fiziologie şi medicină în 1974, împreună cu A. Claude şi Chr. de Duve.

Aminoacizii se înşiruie de cealaltă parte a moleculei, astfel că moleculele de ARN sînt conectate şi la ribozomi, şi la aminoacizi, transferînd astfel informaţia de la ribozomi la proteine (aminoacizi). Hoagland a denumit acizii ribonucleici de dimensiune mică *ARN de transfer*.

Dar de unde ştie ARN-ul unde să se fixeze? ARN-ul de transfer a fost localizat în afara nucleului, în citoplasma celulei, în timp ce ADN-ul se află în nucleul celulei. O privire mai atentă a dezvăluit că, de fapt, există ARN şi în nucleu. Doi cercetători francezi de la Institutul Pasteur din Paris, Jacques-Lucien Monod (1910–1976) şi François Jacob (n. 1920) au avansat ipoteza că molecula de ADN transferă informaţia pe care o deţine unei molecule de ARN din nucleu, care foloseşte o latură a dublului helix de ADN ca model pentru alcătuirea sa. Aceste molecule de ARN poartă informaţia (mesajul) afară din nucleu, în citoplasmă, şi de aceea au fost numite *ARN de transfer*.

Fiecare moleculă de ARN de transfer are la un capăt o combinaţie de trei nucleotide care se potrivesc cu combinaţia similară din centrii de schimb de pe ARN-ul mesager. Astfel că ARN-ul mesager se ataşează pe suprafaţa ribozomului, iar moleculele de ARN de transfer se înşiruie potrivind cele trei nucleotide pe de o parte cu ARN-ul mesager, iar pe cealaltă parte cu aminoacizii, combinaţi în ordinea corectă.

Informaţia este astfel transferată de la ADN-ul din cromozom la ARN-ul de transfer, care călătoreşte din nucleu pînă la ribozomii din citoplasmă pentru a furniza informaţia moleculelor de ARN de transfer. Acestea, la rîndul lor, transmit informaţia aminoacizilor şi formează proteinele. Trei nucleotide adiacente (o trinucleotidă) din molecula de

ADN plus molecula de ARN mesager plus molecula de ARN de transfer creează un anumit aminoacid. Întrebarea era: care anume?

CODUL GENETIC

Astfel, la începutul anilor '60, problema de maximă importanţă din biologia moleculară era codul genetic. Cum poate un cercetător să prevadă care trinucleotidă corespunde producerii cutărui aminoacid? Fără înţelegerea acestui proces nu se poate înţelege cum se transmite informaţia de la ADN la proteine.

Contextul pentru explorarea codului genetic a fost pregătit în anul 1955 de savantul biochimist american de origine spaniolă Severo Ochoa (1905–1993). Acesta a izolat enzima care permite unei catene de ADN a moleculei de ADN să formeze a doua catenă dintr-o bacterie. El a descoperit că această enzimă catalizează formarea de substanţe similare ARN-ului din nucleotidele libere. (Biochimistul american Arthur Kornberg a realizat în scurt timp acelaşi lucru şi pentru molecula de ADN, iar în 1959 Ochoa şi Kornberg au primit premiul Nobel pentru fiziologie sau medicină.)

În acest punct a intervenit biochimistul american Warren Nirenberg (n. 1927). Folosind ARN sintetic drept ARN de transfer, el şi-a început munca de detectiv în căutarea soluţiei. Momentul de iluminare al lui Nirenberg a survenit în 1961. A alcătuit un ARN sintetic, formulat în concordanţă cu metodele lui Ochoa, care avea un singur tip de nucleotidă, acidul uridilic, astfel că structura lui era... UUUUUU... Singurul triplet de nucleotide posibil era UUU. Astfel, cînd ARN-ul a format o proteină care conţinea aminoacidul

fenilalanină, Nirenberg a ştiut că a aflat primul element din „dicţionarul" său: acidul uridilic formează fenilalanina.

Între timp, chimistul indo-american Har Gobind Khorana lucra pe coordonate similare. El a introdus tehnici noi pentru a compara un ADN cu structură cunoscută cu ARN-ul pe care îl va produce, arătînd că tripletele distincte de nucleotide, „literele" codului, nu se suprapun. Independent de Nirenberg, acest savant a descifrat codul genetic aproape în întregime. Khorana şi Nirenberg au împărţit în anul 1968 premiul Nobel pentru fiziologie sau medicină cu Robert Holley, ale cărui cercetări s-au desfăşurat în acelaşi domeniu.

Ulterior, Khorana a condus o echipă de cercetare care a reuşit, în 1970, să sintetizeze o moleculă de tip genă pornind de la zero. Adică nu a folosit ca matriţă o genă existentă, ci a pornit de la nucleotide, pe care le-a alăturat în ordinea corectă, reuşită care le va permite cercetătorilor să creeze în cele din urmă gene „la comandă".

Pe ansamblu, primele decenii care au urmat celui de-al doilea război mondial au marcat un progres în salturi uriaşe în ceea ce priveşte înţelegerea bazelor eredităţii. *ADN* şi *ARN* au devenit termeni de uz comun. Iar cunoaşterea esenţei intime a vieţii părea că se află la doar un pas de noi.

CAPITOLUL 7

ORIGINILE ŞI GRANIŢELE VIEŢII: DE LA SUPA PRIMORDIALĂ LA VIRUSURI ŞI GENE CREATE „LA COMANDĂ"

În timp ce Crick, Watson şi colegii lor cercetau amănunţit structura proceselor arhitecturale ale organismelor vii, alţi oameni de ştiinţă explorau un ansamblu de chestiuni eterogene cu privire la natura vieţii, la apariţia ei şi la modul ei de funcţionare la cele mai simple niveluri. Folosind noile instrumente oferite de biologia moleculară şi microbiologie, cercetătorii au scos la lumină aspecte noi şi uluitoare în domeniile respective.

Toate aceste direcţii de cercetare s-au răsfrînt şi la nivelurile mai ample, ale organismelor mai complexe – îndeosebi medicina şi felul cum înţelegem corpul omenesc, cum funcţionează şi cum se adaptează la mediul în care trăieşte. Această jumătate de secol a fost martora unor extraordinare progrese interdisciplinare care au revoluţionat

practic medicina, între care se numără tomografia computerizată, imageria prin rezonanţă magnetică, chirurgia pe cord deschis şi transplantul de organe, majoritatea acestor proceduri depăşind aria de cuprindere a cărţii de faţă. Dar studiul virusurilor şi bacteriilor, precum şi cele asupra sistemului imunitar al organismului au dus la obţinerea vaccinurilor împotriva poliomielitei în anii '50 şi au făcut posibilă lupta tot mai acerbă, chiar dacă deocamdată neîncununată de succes, împotriva epidemiei de SIDA din deceniile 1980 şi 1990.

SUPA PRIMORDIALĂ

În timp ce cosmologii şi specialiştii în fizica particulelor se luptau cu întrebări despre naşterea universului şi primii săi ani de viaţă, oamenii de ştiinţă din domeniile dedicate studiului vieţii organice se confruntau cu întrebări asemănătoare cu privire la fiinţele vii. Probabil cea mai importantă întrebare dintre toate era: care este originea vieţii? Această întrebare a pus oamenii pe gînduri din cele mai vechi timpuri atestate prin documente. Răspunsul nu poate fi găsit prea uşor – de fapt, în prezent există unii savanţi care se îndoiesc că îl vom putea găsi vreodată.

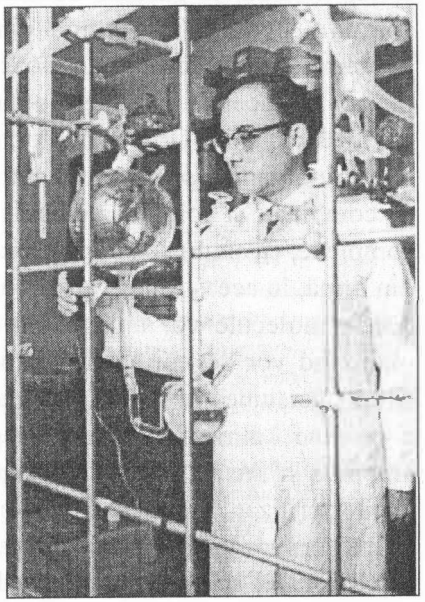
Problema, după cum a remarcat odată Sherwood Chang, savant la NASA, este că: „Registrul de probe e gol. Geologii şi specialiştii în chimia atmosferei vă vor spune că nu există nici o dovadă, de nici un fel" cu privire la cum era Pămîntul pe vremea aceea sau cum a început viaţa. Misterul reprezintă unul din cele mai importante cazuri pentru detectivii-savanţi din toate timpurile, un caz rămas, pînă în momentul de faţă, nerezolvat. Este nevoie de răspunsuri la zeci de întrebări esenţiale, avînd extrem de puţine dovezi de

necontestat. Ce fel de condiţii existau pe Pământ înainte de apariţia vieţii? Ce elemente erau prezente? Ce procese au acţionat asupra lor? Care au fost elementele constitutive iniţiale ale vieţii?

De-a lungul secolelor, savanţii au încercat să afle dacă din substanţele anorganice pot apărea spontan fiinţe vii. Aristotel era convins că se poate şi, timp de mai multe secole după el, oamenii de ştiinţă au încercat să dovedească într-un fel sau altul că o asemenea generare spontană a vieţii a putut sau nu să se producă. În secolul al XIX-lea părea că Louis Pasteur a oferit în cele din urmă un răspuns definitiv: viaţa nu a putut apărea din materie anorganică. Corectînd defectele experimentelor anterioare care păreau a dovedi contrariul, Pasteur a arătat că o soluţie anorganică, totalmente sterilă nu va da naştere la nici un fel de viaţă, chiar în prezenţa tuturor condiţiilor necesare vieţii (cum ar fi temperatura propice, prezenţa oxigenului şi aşa mai departe). Elementul inedit folosit de el a constat în folosirea unor baloane de sticlă speciale, cu gît curb ca de lebădă, pentru a nu permite accesul organismelor contaminatoare, ca sporii de plante, şi pentru a permite în acelaşi timp păstrarea condiţiilor atmosferice normale. Dar poate că rezultatele obţinute de Pasteur nu rămîn bătute în cuie o dată pentru totdeauna.

O primă breşă, care a avut ca rezultat producerea unora dintre substanţele chimice necesare apariţiei vieţii a fost iniţial explorată experimental la începutul anilor cincizeci de către un tînăr absolvent de facultate pe nume Stanley Lloyd Miller, care îşi pregătea pe atunci doctoratul la Universitatea Chicago sub îndrumarea lui H. C. Urey (1893–1981), reputat chimist american care a primit premiul

Nobel pentru chimie în 1934 pentru descoperirea hidrogenului greu (deuteriu). La vremea aceea, Urey începuse să manifeste interes pentru geochimie, formarea planetelor şi condiţiile atmosferice de la începutul istoriei Pământului. În acest context, el a început să pună la îndoială dovada categorică avansată de Pasteur împotriva generării spontane a vieţii. Urey şi Miller s-au întrebat ce-ar fi fost dacă Pasteur ar fi aşteptat nu patru zile, ci miliarde de ani, cît a aşteptat Pământul pînă la apariţia primei forme de viaţă? Şi ce-ar fi fost dacă, în locul amestecului actual de azot şi oxigen, ar fi folosit atmosfera primordială a primelor miliarde de ani ai existenţei planetei noastre? Şi dacă, în locul unui balon de sticlă plin cu soluţie, ar fi avut un ocean plin de molecule anorganice?

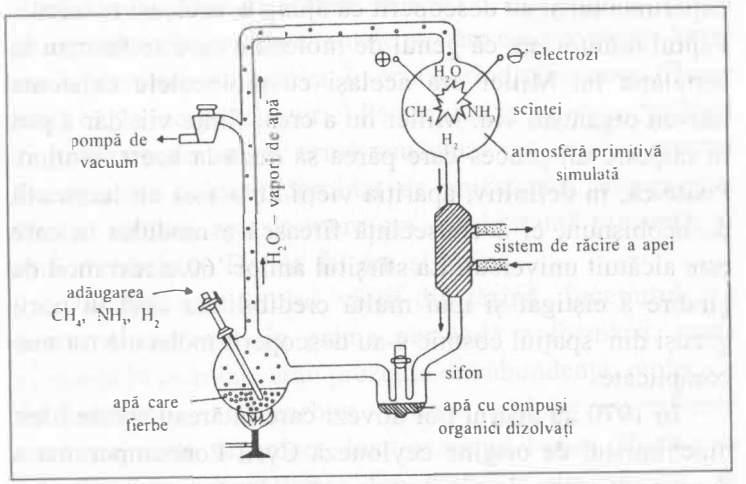


Într-o fotografie făcută în 1975, Stanley Lloyd Miller examinează instalaţia pe care a folosit-o în experimentul său din 1953

În primul rînd, Urey era destul de sigur că atmosfera primordială a Pămîntului era foarte diferită de cea actuală, alcătuită foarte probabil aproape în întregime din gaze conţinînd hidrogen, cum ar fi metanul (CH_4), amoniacul (NH_3) şi vapori de apă (H_2O). Astfel, sub îndrumările lui Urey, cam pe cînd Crick şi Watson se luptau să descopere structura dublului helix, Miller a proiectat un experiment crucial în istoria biologiei, experiment care tindea să simuleze un scenariu ipotetic în perioada timpurie a existenţei Pămîntului. El a plecat de la ipoteza unei perioade cînd suprafaţa instabilă a planetei era acoperită de nori denşi de substanţe gazoase şi cînd fulgerele brăzdau cerul. O perioadă în care radiaţiile ultraviolete venite de la Soare (căci accasta se petrecea înaintea formării stratului de ozon) forţau moleculele gazoase de metan, hidrogen, amoniac şi apă să se combine. Şi cînd din moleculele anorganice fundamentale se formau aminoacizi şi nucleotide pe care ploaia le ducea în oceanele puţin adînci ale Pămîntului. Aici, au presupus Urey şi Miller, aceste elemente constitutive pre-organice se ciocneau între ele şi în cele din urmă se combinau şi formau molecule organice mai mari, mai complexe, ca aminoacizii, proteinele şi nucleotidele. În cele din urmă, în această succesiune imaginară a evenimentelor, aceste molecule vor ajunge din ce în ce mai complexe, pînă cînd vor deveni acizi nucleici capabili să se replice.

În versiunea la scară redusă a acestui scenariu, Miller a creat o „atmosferă" de hidrogen, cu componente de amoniac şi metan, plutind deasupra unui recipient cu apă atent sterilizată şi purificată. Apoi a introdus în această „supă" primordială de substanţe gazoase şi lichide un curent electric care, spera el, simula radiaţiile ultraviolete. Ulte-

rior, în istoria Pămîntului, plantele vor începe fotosinteza şi vor produce oxigen, care la rîndul lui va contribui la formarea stratului de ozon în partea superioară a stratosferei, protejînd astfel regiunile de dedesubt de efectele razelor ultraviolete ale soarelui. Dar la început, au raţionat Miller şi Urey, trebuie să fi existat suficiente radiaţii ultraviolete care să impulsioneze procesul biologic pe această cale. Tot în acceaşi perioadă nu va fi existat oxigen liber, dar hidrogen



O diagramă a experimentului efectuat de Miller în 1953 la Universitatea din Chicago. Miller a vrut să testeze dacă, simulînd condiţiile atmosferice primitive existente pe Pămînt, se vor forma compuşi organici. Deasupra recipientului cu apă reprezentat în dreapta a creat o atmosferă compusă din hidrogen (H_2), metan (CH_4) şi amoniac (NH_3). Descărcările electrice au jucat rolul fulgerelor în scenariul condiţiilor terestre primordiale. După desfăşurarea experimentului timp de o săptămînă, Miller a observat că apa din recipient şi din sifonul de dedesubt a căpătat o culoare roşie-portocalie. Testele au arătat că apa conţine concentraţii uimitor de mari de aminoacizi. Experimentul a fost repetat cu succes de mai multe ori, producînd toţi cei douăzeci de aminoacizi constituenţi ai proteinelor.

din belşug. Miller a efectuat experimentul timp de o săptămînă, la sfîrşitul cărcia a testat soluţia de apă. Spre marea lui încîntare, a descoperit că, pe lîngă substanţe simple, experimentul produsese doi dintre cei mai simpli aminoacizi; a mai observat şi indicii ale procesului de formare a altor aminoacizi mai complicaţi.

Prelungind experimentul, a constatat formarea mai multor aminoacizi; alţi cercetători au încercat să replice experimentul şi au descoperit că ajung la aceleaşi rezultate. Faptul uimitor era că genul de molecule care se formau în instalaţia lui Miller era acelaşi cu moleculele existente într-un organism viu. Miller nu a creat fiinţe vii, dar a pus în mişcare un proces care părea să ducă la acest rezultat. Poate că, în definitiv, apariţia vieţii nu a fost un lucru atît de neobişnuit, ci o consecinţă firească a modului în care este alcătuit universul. La sfîrşitul anilor '60, acest mod de gîndire a cîştigat şi mai multă credibilitate cînd în norii gazoşi din spaţiul cosmic s-au descoperit molecule tot mai complicate.

În 1970 au apărut noi dovezi care întăreau aceste idei; biochimistul de origine ceyloneză Cyril Ponnamperuma a descoperit urme de cinci aminoacizi într-un meteorit care a căzut în Australia la 28 septembrie 1969. După analize atente, a descoperit împreună cu echipa sa de cercetare glicină, alanină, acid glutamic, valină şi prolină – primii compuşi extratereştri ai materiei vii care au fost găsiţi vreodată. Ponnamperuma a putut demonstra că meteoritul n-ar fi putut să culeagă aceşti aminoacizi prin contaminare cu Pămîntul. Era evident că au fost sintetizaţi prin procese non-chimice similare acelora care s-au petrecut în experimentul lui Miller.

LA ÎNCEPUT... LUTUL?

Dar nu există în nici un caz un consens general asupra ipotezei că o versiune sau alta a supei primordiale reprezintă răspunsul la întrebarea milenară. Un grup de oameni de ştiinţă a depus eforturi timp de mai mulţi ani în sprijinul ideii că viaţa poate să fi apărut, de fapt, din ţărînă.

Aparent lipsită de viaţă şi inertă, ţărîna pare să se afle la polul opus a tot ceea ce asociem în mod normal cu fiinţele vii. Dar cristalele minerale din pămînt oferă începutului vieţii unele avantaje pe care cei mai mulţi dintre noi le-am trece cu vederea. În primul rînd, Sherwood Chang arată că, la începutul istoriei Pămîntului (cu circa un miliard şi jumătate de ani în urmă sau chiar mai mult), mediul terestru era evident dominat de amestecuri anorganice. Dintre acestea, apa de mare era cu siguranţă prezentă, şi încă din belşug. Dar la fel era şi ţărîna.

Potrivit scenariului vieţii-din-ţărînă, începutul s-a petrecut cam aşa: în prima perioadă a formării, toate elementele esenţiale erau prezente din abundenţă: molecule de hidrogen, azot, carbon. Dintre celelalte ingrediente necesare vieţii organice, doar oxigenul lipsea. Rocile se transformau sub acţiunea fenomenelor atmosferice, se sfărîmau, formau soluri şi se compactau alcătuind noi sedimente, alcătuind noi roci şi argile minerale. La nivel molecular, aceste argile aveau (şi mai au şi acum) o serie de proprietăţi aparte. Ele deţin o structură moleculară extrem de bine organizată, plină de defecte intrinseci care constituie locul potrivit pentru reacţii chimice, dar şi pentru depozitarea şi transmiterea de informaţie şi energie.

Pe parcursul schimbărilor din mediu, cu succesiunea de îmbibare cu apă şi uscare, îngheţ şi dezgheţ şi cu

mişcările vîntului, ale apei şi ale pămîntului, acele luturi care au putut rezista şi evolua în chip avantajos au fost cele care au „supravieţuit". Graham Cairns-Smith de la Universitatea din Glasgow, Scoţia (care a avansat această teorie în cartea sa *Preluarea genetică şi originile minerale ale vieţii*, publicată în 1982) este de părere că aceste argile s-au dezvoltat printr-o evoluţie structurală adaptativă sau printr-un fel de „selecţie naturală". Teoria vieţii născute din argilă postulează că aceste argile au putut fi, în sine, forme de viaţă primordiale şi, în acelaşi timp, un fel de matriţe pentru organismele vii înainte de existenţa oricărui organism viu. Aceste matriţe, crede Cairns-Smith, se puteau replica folosind un fel de sistem genetic mineral bazat pe structurile defectuoase din formaţiunile cristaline. Ele puteau, de asemenea, să modifice în scop adaptativ aceste defecţiuni (un fel de mutaţii) şi să le transmită generaţiilor ulterioare în stilul evoluţionist clasic.

Treptat, din moleculele minerale s-au format molecule organice, folosind argila ca pe un fel de schelă. Moleculele organice şi-au creat un sistem genetic organic mai eficient decît predecesorul său mineral şi în cele din urmă au înlocuit formaţiunile minerale iniţiale într-un fel de „preluare genetică". Tot aşa cum schelele nu mai sînt necesare o dată ce construcţia catedralei a fost încheiată şi cum bilele din lemn ale abacului nu se mai regăsesc în calculatoarele electronice, nu vedem nici dovezi ale acestei forme de viaţă „primitive" în sistemele organice „performante" de astăzi.

Teoriile despre originea vieţii abundă. Una dintre cele mai favorizate, susţinută de biologul Carl Sagan, avansează ipoteza conform căreia carbonul necesar pentru formarea moleculelor organice a provenit din bombardarea planetei noastre cu asteroizi extratereştri conţinînd carbon.

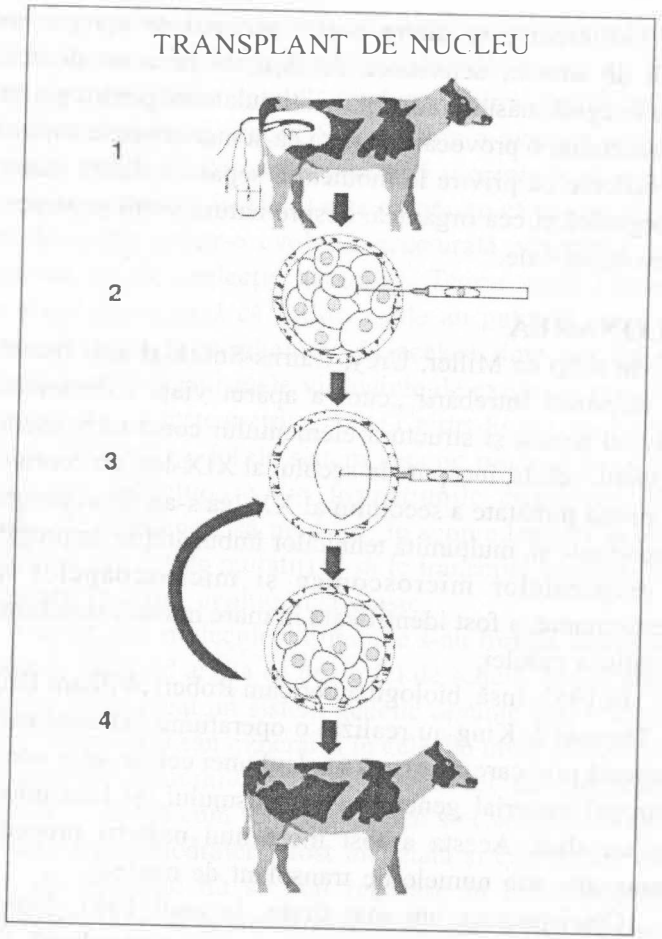
Indiferent care dintre aceste scenarii se apropie mai mult de adevăr, activitatea desfăşurată în acest domeniu este în egală măsură incitantă şi stimulatoare pentru gîndire, reprezentînd o provocare, tot aşa ca şi numeroasele supoziţii precedente cu privire la momentul separării dintre materia anorganică şi cea organică, despre natura vieţii organice şi a evoluţiei sale.

CLONAREA

În timp ce Miller, Urey, Cairns-Smith şi alţii încercau să răspundă întrebării „cum a apărut viaţa", demersurile privind natura şi structura elementului constitutiv esenţial al vieţii, celula, începute în secolul al XIX-lea, au continuat. În prima jumătate a secolului al XX-lea s-au făcut progrese importante şi, mulţumită tehnicilor îmbunătăţite de pregătire a preparatelor microscopice şi microscoapelor mai performante, a fost identificată în mare măsură structura de detaliu a celulei.

În 1952, însă, biologii americani Robert William Briggs şi Thomas J. King au realizat o operaţiune extraordinar de delicată prin care au extras nucleul unei celule, care conţine întregul material genetic al organismului, şi l-au înlocuit cu un altul. Acesta a fost momentul naşterii procedurii cunoscute sub numele de transplant de nucleu.

Cincisprezece ani mai tîrziu, în anul 1967, biologul englez John P. Gurdon a clonat cu succes o vertebrată, faptă dusă la bun sfîrşit pentru prima oară. El a îndepărtat nucleul unei celule intestinale a unei specii arboricole de broască sud-africană cu gheare şi l-a transferat într-un ovul (gamet) nefertilizat al aceleiaşi specii. Pornind din acest punct, a apărut un individ nou, perfect normal – o clonă a primului.



(1) Extragerea unui embrion de la o vacă donatoare (sau prin procedeul fertilizării în vitro. (2) Extragerea de celule individuale din embrionul donator. (3) Injectarea fiecărei celule din embrion într-un gamet din care a fost îndepărtat nucleul. (4) Celula ou creşte cu noul său nucleu şi ajunge în stadiul de embrion multicelular; de aici, fie este reintrodusă în procesul de clonare (săgeata ascendentă), fie este introdusă în uterul vacii şi parcurge toate stadiile pînă la naştere

Din experimentul deschizător de drumuri al lui Gurdon, asociat cu altele la nivel de gene şi cromozomi în anii '70, a rezultat o nouă înţelegere a modului de funcţionare al organismelor vii la nivelurile cele mai de bază. Dar între timp, o aproape-creatură fascinantă (şi ameninţătoare pentru sănătate) aflată la graniţa vieţii s-a impus ca o provocare la adresa înţelegerii, intrigînd cercetătorii din mai multe motive.

VIRUSURILE: LA GRANIŢA VIEŢII

La hotarul dintre materia vie şi materia inertă, populînd o lume oarecum de mijloc, se află virusul, un ghem de molecule care, la fel ca organismele vii, se poate replica. Dar, spre deosebire de organismele vii, acest parazit se poate reproduce numai în interiorul unei celule-gazdă vii, de la care trebuie să împrumute elementele esenţiale. Cele mai mici virusuri, numite viroide, poartă pe cromozomi doar 240 de unităţi de informaţie, spre deosebire de cele trei miliarde ale organismului uman. Dar, chiar aşa simple cum sînt, viroidele pot provoca boli grave la plante în decursul ciclului lor vital, care presupune replicarea în interiorul celulelor plantelor. Există o mare varietate de virusuri; virusuri diferite au nevoie de lucruri diferite de la gazdele lor, cu o gamă variată de efecte.

Virusurile şi bolile pe care le provoacă oamenilor au jucat un rol extrem de important în istoria omenirii, multe boli virale (cum e cazul varicelei) putînd fi regăsite chiar şi în urmă cu două mii de ani. Dar abia spre sfîrşitul secolului al XIX-lea am început să cunoaştem virusurile drept entităţi aparte, aşa cum sînt ele. Astăzi putem afirma cu încredere că am eradicat varicela, nemaifiind raportate cazuri de

îmbolnăvire (cu excepţia accidentelor de laborator) încă din 1977. Dar HIV, virusul imunodeficienţei umane, cauza epidemiei de SIDA de la sfîrşitul secolului al XX-lea, este o altă chestiune. Pînă în prezent, ne depăşeşte capacitatea de înţelegere şi de control. În mod evident, preocupările de natură medicală ne oferă o motivaţie puternică pentru a studia aceste creaturi minuscule de la graniţa vieţii.

Virusurile nu pot oferi, spre exemplu, un nou mod de a înţelege cancerul, cauzele sale şi, poate, cum poate fi prevenit. Tulburînd celula gazdă (perturbîndu-i funcţiile şi semnalele), virusurile pot provoca uneori cancerul. Identificînd aceste funcţii şi semnale perturbate, am ajuns la o nouă înţelegere, la nivel molecular, a ceea ce se petrece în cancer, obţinînd astfel indicii spre noi tratamente şi noi modalităţi de abordare. Într-un test revoluţionar aflat acum în curs de desfăşurare în Taiwan, 63 500 de nou-născuţi sînt vaccinaţi împotriva infectării cu virusul hepatitei B. Oamenii de ştiinţă anticipează că această măsură preventivă ar putea împiedica pînă la 8300 de cazuri de cancer de ficat la aceşti nou-născuţi, chiar înainte să aibă ocazia să se declanşeze.

Dar virusurile ne mai oferă şi exemplul unui organism care funcţionează la cel mai simplu nivel şi, astfel, oferă cercetătorilor o fereastră pentru înţelegerea fiinţelor vii mai complexe.

După cum scria în 1949 microbiologul american de origine germană Max Delbrück (1909–1981), „Orice celulă vie poartă cu sine experienţa unui miliard de ani de experimente întreprinse de strămoşii ei“). (Împreună cu microbiologii Alfred D. Hershey (n. 1908) şi Salvatore E. Luria (1912–1991), Delbrück a obţinut în 1969 premiul Nobel pentru fiziologie sau medicină pentru activitatea lor

în domeniul structurii genetice a virusului.) După cum sugera Delbrück, făcînd observaţii la acest nivel, am învăţat foarte multe lucruri şi vom continua să învăţăm punîndu-ne întrebări de genul: Ce sînt virusurile? Sînt ele fiinţe vii? Cum arată ele? Există multe tipuri de virusuri? Fiecare virus provoacă o boală anume? Cum provoacă virusurile boala? Cum se replică virusurile? Ce am învăţat despre virusuri şi se poate aplica oamenilor?

În anii '30, oamenii de ştiinţă au căzut de acord să numească *virus* orice agent care poate trece printr-un filtru care ar reţine în mod normal bacteriile; în prezent, termenul vizează doar agenţii submicroscopici (mai mici 0,3 microni). Toţi aceşti agenţi au nevoie de o celulă gazdă pentru a se putea replica, iar acest comportament parazitar provoacă deseori moartea sau modificarea celulei gazdă – acesta fiind motivul pentru care majoritatea virusurilor provoacă boli.

Tot în anii '30 au avut loc două evenimente care au contribuit la o mai bună înţelegere a virusului şi a naturii sale. Mai întîi, în 1935, Wendell Stanley a demonstrat că un virus poate adopta o formă cristalină. În al doilea rînd, Ernst August Friedrich Ruska (1906–1988), inginer electrician german, a creat un nou instrument: microscopul electronic, care foloseşte fascicule de electroni în loc de lumină vizibilă. Puterea mare de focalizare a acestui instrument a permis ca rezoluţia să crească la început de 400 de ori şi să se îmbunătăţească rapid ulterior. (Ruska a primit pentru activitatea sa, în 1986, cu oarecare întîrziere, premiul Nobel pentru fizică.) La sfîrşitul anilor '40 şi în anii '50, puterea de mărire a microscopului a crescut de 100 000 de ori, putînd fi studiate chiar şi obiecte minuscule cu diametrul de 0,001 micrometri. Între anii 1959 şi 1961, citologul

finlandez Alvar P. Wilska şi citologul francez Gaston DuPouy au elaborat modalităţi de a scoate în relief părţile componente ale virusurilor şi de a utiliza microscopul electronic pentru studiul virusurilor vii. Acum, micrografele electronice permit oamenilor de ştiinţă să vadă lumea microscopică a virusurilor, asupra căreia înainte nu puteau decît să facă presupuneri.

Virusurile au un „miez" de acizi nucleici care conţine informaţia genetică, fiind protejat la exterior de un strat proteic şi, la unele tipuri virale, un strat lipidic deasupra celui proteic. Capsula protectoare are forma unui dom geodezic cu douăzeci de faţete în formă de triunghi echilateral. Unele virusuri folosesc ADN pentru codul genetic (la fel ca organismele vii de natură non-virală), iar altele folosesc ARN.

Cît despre întrebarea dacă virusurile sînt fiinţe vii, disputa continuă. Virusurile au numeroase caracteristici comune cu fiinţele vii şi folosesc acelaşi cod genetic ca şi ele. Modul lor de existenţă se corelează cu numeroase aspecte ale celulei vii – dacă lucrurile nu ar sta aşa, virusurile n-ar putea să trăiască parazitînd celulele. Virusurile funcţionează după un plan precis şi îşi pot programa replicarea în spaţiul limitat al unei celule. La fel ca alte organisme vii, virusurile evoluează şi reacţionează la modificările din mediul în care se află. Oare toate aceste aspecte descriu cel mai simplu organism viu sau un set extrem de complex de molecule, un ghem de substanţe chimice?

Retrovirusurile

Retrovirusurile au fost întîlnite pentru prima oară prin 1908 la găini, cărora s-a descoperit că le provoacă leucemie,

dar nimeni nu le-a bănuit atunci, la început, bizarul ciclu vital. S-a dovedit că cromozomul retroviral constă din ARN, nu din ADN. Retrovirusul, cunoscut în primă instanţă sub numele de virus ARN, produce o copie ADN sau provirus, care la rîndul său este transcris sub formă de ARN viral. (Prefixul *retro-* se explică aşadar prin această transcriere în sens invers.) În 1970, Howard Temin şi David Baltimore au anunţat, independent, descoperirea unei enzime existente chiar în interiorul virusului, retro-transcriptaza, care copiază ARN-ul în ADN (în majoritatea celulelor, transcrierea se face exact invers). Acest proces este esenţial pentru modul de replicare a anumitor virusuri. De asemenea, el a furnizat un nou instrument care a permis specialiştilor în biologie moleculară să copieze orice tip de ARN în ADN. Aceasta a reprezentat un pas esenţial în revoluţia clonării şi a ingineriei genetice, petrecută în anii '70. Cele învăţate pe parcursul studierii retrovirusurilor au format, de asemenea, piatra unghiulară a teoriilor moderne despre cancer.

Retrovirusul se ataşează pe un anumit receptor de pe suprafaţa celulei-gazdă, apoi pătrunde în citoplasma respectivei celule. Ajuns acolo, invadatorul îşi leapădă învelişul protector, după care, prin transcriere inversă, îşi transformă ARN-ul în ADN cu două catene. Acest ADN cu două catene pătrunde în nucleu şi este integrat în setul de cromozomi (genomul) celulei-gazdă, unde ADN-ul creează o copie ADN (denumită provirus) care, la rîndul lui, este transformată prin transcriere în ARN viral. Începînd din acest moment, toate celulele-fiice formate din celula-gazdă vor moşteni virusul. În procesul normal de diviziune celulară, cînd ARN-ul este luat din nucleu şi dus la ribozomii din citoplasma celulei pentru a determina sinteza

proteinelor, anumite enzime se asociază cu două copii ale ARN-ului viral din citoplasmă şi migrează în membrana plasmatică de la periferia celulei. Acolo are loc un alt proces: virusul se înconjoară cu un strat protector „împrumutat" de la membrana plasmatică a celulei infectate, se detaşează de suprafaţa celulei şi porneşte în căutarea unei noi celule-gazdă, unde ciclul se reia de la capăt.

Unele retrovirusuri nu-şi omoară celula-gazdă, iar aceasta continuă să poarte în structura ei ADN provirusul şi să-l multiplice la fiecare diviziune. Alte retrovirusuri provoacă la nivelul celulei-gazdă modificări care duc la apariţia tumorilor. Un al treilea tip de retrovirus, din care face parte virusul HIV, ucide celula-gazdă printr-o modalitate încă nelămurită.

Ţinerea sub control a anumitor retrovirusuri nu a fost de obicei imposibilă, însă HIV rămîne cea mai mare provocare cu care se confruntă cercetătorii în ultimul sfert de secol. Acest retrovirus s-a dovedit a fi un adversar subtil, hotărît şi crud.

Subtilitate şi cruzime: povestea SIDA

La sfîrşitul anilor '70, medicii din New York şi San Francisco au început să întîlnească o serie de cazuri neobişnuite de infecţii micotice şi o formă rară de cancer, numită sarcomul Kaposi. Prin 1980–1981, la Center for Disease Control (CDC, Centrul pentru Controlul Bolilor) din Atlanta, Georgia, o tehniciană pe nume Sandra Ford a început să observe o creştere anormal de mare şi de bruscă a numărului cazurilor de *Pneumocystis carinii*, o formă rară de pneumonie care îi afectează de obicei doar pe oamenii cu sistemul imunitar extrem de slăbit, cel mai

adesea ca efect secundar al chemoterapiei din tratamentul pentru cancer. Dar în aceste cazuri, cei afectaţi erau, în general, oameni sănătoşi. Ca atare, CDC a continuat să cerceteze şi a aflat că fuseseră raportate circa 500 cazuri de persoane afectate de o boală misterioasă, o afecţiune mortală care distrugea complet sistemul imunitar al victimei. Dintre aceste prime cazuri cunoscute, circa patru cincimi erau bărbaţi homosexuali şi bisexuali, astfel că la început boala a fost botezată cu numele „Maladie Imunitară Corelată cu Homosexualitatea). După puţin timp, însă, i s-a dat numele de Sindromul Imunodeficienţei Dobîndite sau SIDA. Maladia, în prezent foarte cunoscută, era relativ obscură la începutul anilor '80. Dar la sfîrşitul anului 1982 se înregistraseră deja peste 800 de cazuri în 30 de state.

În august 1985 s-a aflat că Rock Hudson, o celebritate a cinematografului american, are SIDA şi a murit din cauza bolii la scurt timp. SIDA a năvălit astfel în conştiinţa publicului larg ca o problemă foarte gravă, cu un număr tot mai mare de victime. De asemenea, curînd s-a înţeles că boala nu este limitată doar la populaţia masculină homosexuală. SIDA începuse să afecteze global populaţia din Africa şi Asia încă de la sfîrşitul anilor '70, iar studiile estimează că, în 1992, între 5 şi 20% din întreaga populaţie adultă, sexual activă din anumite zone ale Africii era deja infectată. Tot în 1992, SIDA devenise deja principala cauză de deces la femeile cu vîrstă cuprinsă între 20 şi 40 ani din principalele oraşe din America de Nord şi America de Sud, Europa Occidentală şi anumite zone din Africa la sud de Deşertul Sahara. Mai mult decît atît, studiile efectuate arată că între 24 şi 33% dintre copiii născuţi de femei infectate cu HIV se vor îmbolnăvi de SIDA.

Se ridicau numeroase întrebări, al căror caracter urgent era recunoscut în cele din urmă. Care e cauza SIDA? Cum se transmite? Cum poate fi vindecată sau măcar controlată? Se ştia deja că SIDA este o boală infecţioasă şi curînd s-a acceptat ideea că un virus cunoscut sub numele de HIV-1 este cauza probabilă a bolii (virusul a fost descoperit în 1983 de Luc Montagnier de la Institutul Pasteur din Franţa şi, separat, de cercetătorul Robert Gallo de la Institutul Naţional de Sănătate din Statele Unite). Virusul se răspîndeşte exclusiv prin sînge sau spermă infectată – deşi cercetătorii au găsit HIV şi în alte fluide organice: salivă, lacrimi, urină, lapte de mamă, lichid cefalorahidian şi anumite secreţii vaginale şi de la nivelul colului uterin. La început, SIDA se transmitea uneori prin transfuzii de sînge şi, în unele cazuri, prin intermediul factorilor de coagulare folosiţi în tratamentul hemofiliei (maladie ereditară caracterizată în principal prin sîngerare excesivă). Una dintre primele măsuri defensive a constat în testarea rezervelor de sînge şi a factorilor de coagulare pentru a se pune în evidenţă eventuala prezenţă a virusului HIV-1; ca urmare, această sursă de infectare a fost practic înlăturată în 1985.

În ianuarie 1983 au fost anunţate în Statele Unite primele cazuri de SIDA în rîndul persoanelor heterosexuale ale căror parteneri sexuali erau consumatori de droguri cu administrare intravenoasă. Boala poate fi transmisă printr-o cantitate extrem de mică de sînge infectat; de fapt, oficialităţile medicale au descoperit că, atunci cînd consumatorii de droguri îşi trec o seringă de la unul la altul, o singură picătură de sînge infectat pe acul seringii este suficientă pentru a transmite SIDA. Consumatorii de droguri cu administrare intravenoasă au fost recunoscuţi în

scurt timp drept un important grup cu grad ridicat de risc în privinţa bolii.

SIDA atacă sistemul imunitar al gazdei şi aşa ucide. Sistemul imunitar este acea parte a organismului care ne protejează de boli şi infecţii respingînd virusurile, bacteriile şi alţi factori patogeni. HIV se ataşează pe un anume receptor de pe suprafaţa celulei-gazdă, pătrunde în celulă, se înmulţeşte în interiorul ei şi ucide celula. Receptorul preferat de HIV este un membru important al sistemului imunitar uman cunoscut sub numele de „celula CD4 T". Celulele CD4 T recunosc agresorii străini din circulaţia sangvină şi ajută alte celule din sistem să producă anticorpi. Tot ele ajută un al treilea tip de celule să se transforme în celule T ucigaşe. Astfel, pierderea celulelor CD4 T are un efect devastator asupra a două dintre sectoarele sistemului imunitar: afectează producerea de anticorpi care să respingă virusurile agresoare şi crearea de celule T ucigaşe.

Moartea nu survine imediat; de fapt, între infectarea cu HIV şi declanşarea SIDA pot trece pînă la şapte-nouă ani. În acest timp, victima poate fi purtător HIV fără să ştie acest lucru. La începutul anilor '90 se estima că numărul persoanelor infectate cu HIV din Statele Unite se situează între 1 şi 1,5 milioane. O dată declanşată SIDA, progresul bolii poate fi lent, dar în cele din urmă rezultatul este întotdeauna acelaşi: rafale repetate de boli care profită de slăbirea sistemului imunitar şi, în cele din urmă, moartea. Între anii 1981 şi 1991, în Statele Unite au fost raportate circa 190 000 de cazuri de SIDA; 120 000 de oameni au murit ca urmare a acestei boli. La nivel mondial, Organizaţia Mondială a Sănătăţii a anunţat 203 599 de cazuri de SIDA la sfîrşitul anului 1990, cifrele estimate realist ridicîndu-se pînă la 600 000 de cazuri. Numai

în estul Africii, estimările preconizează circa 400 000 de cazuri pînă la sfîrşitul anului 1993.

Motivul pentru care virusul HIV-1 este neobişnuit de mortal constă în felul în care acesta se „deghizează", luînd aparenţa unui element al organismului, după care dezactivează celulele T, componentă esenţială a sistemului imunitar. Găsirea unui tratament este extrem de dificilă, căci virusul HIV se transformă cu mare uşurinţă pentru a opune rezistenţă toxinelor din orice medicamente. După aceea, noua formă, mutantă, a virusului continuă să distrugă şi să se înmulţească sub o formă nouă, neafectată de medicament şi pe care sistemul imunitar al organismului nu o recunoaşte.

Au fost descoperite mai multe medicamente care încetinesc cursul bolii, între care azidotimidina (AZT) şi dideoxiinozina (ddI), însă ele au numeroase efecte secundare nocive. Se speră mereu că mai e doar un pas pînă la găsirea medicamentului miraculos, dar misiunea este foarte dificilă. Virusul HIV îşi modifică forma de 1000 de ori mai rapid decît virusul gripei, astfel că încercarea de a găsi fie un vaccin, fie un tratament care să-l înfrîngă seamănă cu încercarea de a „nimeri o ţintă în permanentă mişcare", după cum se exprimă unii oameni de ştiinţă. În plus, cele mai multe tratamente încearcă să fortifice sistemul imunitar al organismului pentru ca acesta să cîştige lupta cu boala. Dar în acest caz, chiar sistemul imunitar este cel atacat de boală. În februarie 1993 s-a ivit o speranţă cînd cercetătorii care studiau HIV într-un laborator au descoperit că anumite combinaţii de medicamente (în special o combinaţie cu triplă acţiune) au un efect dătător de speranţe asupra virusului. Cu toate că virusul reuşea să traverseze o mutaţie, ca de obicei, pentru a evita efectele nocive ale medica-

mentelor, uneori noua variantă de virus nu mai putea să se înmulţească. Aceasta însemna că, o dată ce virusul-părinte ajunge la capătul duratei sale de viaţă, el va muri fără să fi avut „urmaşi". În cele din urmă, dacă această strategie ar funcţiona pe termen lung şi consecvent, virusul ar dispărea cu totul din organismul gazdei şi războiul ar fi cîştigat. Însă în luna octombrie a aceluiaşi an s-a putut vedea că această strategie triplă nu are întotdeauna efect: uneori apar, în ciuda tratamentului, forme de virus rezistent la numeroase medicamente, capabil să supravieţuiască şi să se înmulţească. De fapt, testele efectuate de alţi cercetători au arătat că strategia nu funcţionează: forma mutantă de HIV părea capabilă să supravieţuiască şi să-şi continue ciclul vital obişnuit. Astfel că atacul cu trei tipuri de medicamente nu determină cu necesitate neutralizarea virusului. De asemenea, nu s-a putut obţine nici un vaccin, în ciuda eforturilor făcute, iar perspectivele nu se arată prea încurajatoare. După cum avertiza un cercetător, din cauza naturii virusului, vaccinul ar putea să aibă chiar efecte contrare celor dorite, confundînd chiar sistemul imunitar cu virusul pe care i s-a cerut să-l distrugă. Aşa se face că încă nu s-a găsit o armă magică împotriva SIDA.

Ca urmare, SIDA rămîne o mare frustrare. În acest secol al triumfurilor ştiinţei am ajuns să ne aşteptăm ca sulfamidele, penicilina şi armata de modalităţi de imunizare, soluţii medicale care ne creează sentimentul siguranţei, să aibă ca rezultat o viaţă omenească mai lungă şi mai productivă ca oricînd în toată istoria omenirii. Putem găsi oare o cale de a învinge acest ucigaş necruţător, acest adversar minuscul, cu extraordinara lui capacitate evoluţionistă de adaptare? Numai timpul ne va putea răspunde.

Pînă atunci, cea mai bună modalitate de protecţie împotriva SIDA a devenit educaţia. Dacă reuşim să împiedicăm HIV să circule de la o gazdă la alta, în cele din urmă virusul va dispărea. Partea esenţială a acestui plan constă în a conştientiza întreaga populaţie asupra riscurilor foarte mari inerente relaţiilor sexuale neprotejate („sex riscant") şi asupra consumului de droguri cu administrare intravenoasă (mai ales utilizarea acelor în comun). Acestea sînt două dintre cele mai probabile trei căi de a contracta SIDA. (A treia cale prin care virusul HIV se transmite cel mai frecvent este de la mamă la prunc, pe timpul sarcinii.) După cum arată cercetările, o dată infectat cu HIV, în cele din urmă în organismul-gazdă se declanşează SIDA şi persoana moare. Dar oricine (cu excepţia copilului născut de o mamă infectată) se poate proteja evitînd pur şi simplu comportamentele cu grad de risc.

Multele mii de persoane afectate de boală continuă să spere că se va găsi o modalitate de vindecare a bolii. Pentru multele mii de persoane la care s-ar putea declanşa boala în următorii ani se caută în continuare un vaccin, ca şi un remediu. Iar cercetările continuă.

BARBARA McCLINTOCK ŞI CAZUL GENEI CARE ÎŞI SCHIMBĂ LOCUL

Nu a fost niciodată uşor să se înţeleagă genele. În 1951, cînd botanista Barbara McClintock a prezentat o lucrare la Simpozionul de Biologie Cantitativă de la Cold Spring Harbor, puţini oameni au înţeles cu adevărat despre ce vorbeşte. Această cercetătoare extrem de independentă afirma, pe baza unor atente studii asupra mai multor

generaţii de gene de porumb, că unele gene se pot muta cu uşurinţă şi frecvent dintr-un loc într-altul pe cromozom.

„Translocaţia", după cum a ajuns să fie numit fenomenul observat de McClintock, intra în conflict cu vastele cercetări genetice desfăşurate asupra musculiţei de oţet (*drosophila melanogaster*) efectuate de Thomas Hunt Morgan şi echipa lui în primele decenii ale secolului al XX-lea.

În 1944, cînd McClintock şi-a început activitatea de cercetare în acest domeniu, tocmai fusese aleasă membră a Academiei Naţionale de Ştiinţe şi numită preşedinte al Societăţii Americane de Genetică – prima femeie numită în acest post. Ea şi-a dat seama că teoria pe care a formulat-o este contrară curentului general de opinie, dar, încă de la început, a simţit că dovezile pe care le obţine o conduc în direcţia dorită, cu toate că vreme de doi ani n-a ştiut dacă pista pe care o urmează se va dovedi fertilă sau o simplă fundătură. Ulterior i-a spus lui Evelyn Witkin, o colegă de la Laboratorul Cold Spring Harbor:

„Niciodată nu mi-a trecut prin minte că voi întîmpina piedici insurmontabile. Nu c-aş fi avut răspunsul, dar simţeam bucurie căutîndu-l. Cînd simţi această bucurie, faci experimentele potrivite. Laşi materialul să te îndrume şi el îţi spune la fiecare pas care va fi următorul, pentru că te integrezi într-un model general de gîndire nou-nouţ. Nu urmezi unul vechi, ci eşti convins de unul nou. Şi laşi toate demersurile pe care le întreprinzi să se concentreze în acea direcţie. Nu te poţi abţine, fiindcă totul se completează. N-au existat dificultăţi."

McClintock era un om de ştiinţă prea riguros ca să se bizuie pe ghicitul în frunze de ceai. Dar, la fel ca majoritatea savanţilor productivi, miza pe intuiţiile ei – care, în realitate,

se bazau pe mulţi ani de observaţii atente şi o mare capacitate de a descifra modelele. Fenomenul pe care l-a descoperit era un proces complex de reglare şi control care, la data aceea, nu semăna cu nici un altul observat pînă atunci. Sub impulsul unui mecanism de control, un cromozom se poate scinda, disocia şi reunifica diferit – toate acestea fiind procese sistematice, observabile. McClintock a ajuns la această concluzie observînd modificările de culoare ale modelelor în boabele de porumb indian şi corelîndu-le cu modificările pe care le observa în structura cromozomului.

Activitatea doamnei McClintock asupra translocaţiei a început abia de puţin timp să fie recunoscută drept un concept fundamental şi revoluţionar al funcţionării genelor. Timp de mulţi ani, activitatea ei asupra translocaţiei a fost ignorată, după cum s-a întîmplat anterior şi cu activitatea lui Gregor Mendel: depăşise nivelul ştiinţific al epocii în care trăia. Însă s-a dovedit că McClintock a avut dreptate şi, cînd alţi cercetători au început să găsească dovezi în sprijinul afirmaţiei că genele îşi schimbă uneori locul pe cromozom, şi-au amintit că ea a fost prima care a spus acest lucru.

În 1983, Barbara McClintock a primit premiul Nobel pentru fiziologie sau medicină. Avea 81 de ani.

NAŞTEREA INGINERIEI GENETICE

În timp ce HIV continuă să nu se lase înţeles de mintea omenească, în alte domenii au avut loc progrese spectaculoase. Marile descoperiri deschizătoare de drumuri făcute la jumătatea secolului de către Crick şi Watson la nivel molecular au coincis în timp cu cercetările întreprinse de

alţi biologi asupra unei clase aparte, fascinante de virusuri care atacă bacteriile. Acest grup de virusuri, cunoscute sub numele de bacteriofage („care se hrănesc cu bacterii"), avea o caracteristică neobişnuită care a dus în cele din urmă la descoperirea unor modalităţi de transferare a materialului genetic de la un organism la altul. Înţelegerea acestor mecanisme, asociată cu o nouă tehnologie, a dus la unul dintre cele mai uluitoare progrese ştiinţifice ale secolului: ingineria genetică.

Primii cîţiva paşi s-au făcut însă în studiul asupra bacteriilor, nu asupra paraziţilor acestora. Pe această cale a pornit Joshua Lederberg în 1952, cînd a observat că bacteriile fac schimb de material genetic prin conjugare sau alăturare în perechi, un proces foarte asemănător cu actul sexual al organismelor mai complexe. Lederberg a mai observat existenţa a două grupuri de bacterii, pe care le-a numit grupul M şi grupul F. În grupul numit de el F, toţi indivizii deţineau un corpuscul denumit de el *plasmidă*, pe care bacteria F o transmitea bacteriei M. S-a dovedit că plasmida este alcătuită din material genetic, după cum a descoperit în anul următor William Hayes. La vremea aceea se ştia deja precis, de mai mulţi ani, că ADN-ul este purtătorul codului genetic; plasmida s-a dovedit a fi un inel de ADN care plutea liber, separat de ADN-ul principal din cromozomul bacteriei.

Această descoperire a constituit un sprijin imediat în rezolvarea unei probleme tot mai presante din domeniul medical. Sulfamidele şi antibioticele create în deceniile 30 şi 40 se foloseau deja de mulţi ani, astfel că numeroase bacterii au ajuns să devină rezistente la aceste medicamente şi a reapărut ameninţarea unor epidemii de neoprit, mai cu

scamă în spitale. În 1959, un grup de savanți au descoperit că gena rezistenței era purtată de către plasmidă; o bacterie putea să aibă mai multe „exemplare" de plasmidă, care erau trecute de la o bacterie la alta. Introducerea cîtorva bacterii rezistente la medicamente într-o colonie a avut ca rezultat obținerea unei întregi colonii de bacterii rezistente la medicamente, și aceasta în timp foarte scurt.

Între timp, încă din 1946, Max Delbrück și Alfred D. Hershey, care studiau independent bacteriofagele, au descoperit că genele provenind de la diferite bacteriofage se pot combina spontan între ele. Microbiologul elvețian Werner Arber a studiat amănunțit acest proces bizar de mutație și a făcut ceea ce avea să se dovedească a fi o descoperire uluitoare: bacteriile au o metodă eficientă de a respinge dușmănoasele virusuri bacteriofage. Foloseau o enzimă, care a ajuns să fie cunoscută sub numele de „enzimă restrictivă", pentru a scinda ADN-ul bacteriofagului și a restricționa creșterea acestuia. Bacteriofagul devenea inactiv, iar bacteria își vedea liniștită de treabă.

În 1968, Arber reușise deja să localizeze enzima restrictivă și a descoperit că era menită să localizeze doar acele molecule ADN care conțineau o anumită secvență de nucleotide, caracteristică dușmanului bacteriofag.

Arber a urmărit ce se petrece. Modul de contraatac al genelor secționate ale bacteriofagului consta în recombinare după ce fuseseră scindate. După scindare, a descoperit el, capetele secționate ale ADN-ului sînt „lipicioase". Aceasta înseamnă că, dacă enzima restrictivă a bacteriei nu este prezentă pentru a împiedica recombinarea, diferitele gene care au fost secționate în același loc se vor recombina dacă se vor afla alături unele de altele. Pînă la nașterea ADN-ului

recombinat, adică a ADN-ului preparat în mod artificial prin combinarea de fragmente de ADN provenit de la specii diferite, nu mai era decît un pas.

În urma acestei descoperiri, Jonathan Beckwith și colaboratorii săi au reușit, în 1969, să izoleze pentru prima oară o singură genă, gena bacteriană pentru o anumită secvență din metabolismul zahărului. Decorul pentru ingineria genetică a fost astfel pregătit.

MARKERELE GENETICE ŞI GENOMUL UMAN

Unele boli nu sînt cauzate de un organism parazit (virus sau bacterie), ci genetice, adică se transmit de la o generație la alta. De fapt, se cunosc circa 3000 de maladii despre care se știe că sînt provocate de anumite gene. Un exemplu este boala lui Huntington, cauzată de o singură genă; un altul este fibroza chistică, provocată de combinația a două gene. Ne-ar ajuta enorm dacă am putea să izolăm genele specifice care provoacă anumite boli, dar acest demers s-a dovedit o sarcină cumplit de dificilă, întrucît caracteristicile ființei umane sînt determinate de circa 2 000 000 000 de gene. (Setul complet de gene ale ființei umane este cunoscut sub numele de genomul uman.)

Dar nu este o sarcină întru totul imposibilă. ADN-ul poate fi împărțit în segmente cu ajutorul enzimelor restrictive produse de bacterii. De asemenea, s-au elaborat tehnici de sortare a acestor segmente mici de ADN pe criteriul lungimii, urmate de o altă procedură numită „tehnica-tampon Southern" (după numele inventatorului Edward A. Southern), cu ajutorul căreia se aleg anumite secvențe de ADN din segmentele sortate.

Dacă, într-o familie în care anumiţi membri au moştenit o boală anume, poţi să compari segmente ADN de la fiecare membru al familiei şi dacă ştii care membri ai familiei au acea boală, atunci este posibil, adesea, să identifici o anumită secvenţă ADN care apare identic la persoanele afectate din respectiva familie. Acest segment ADN devine un marker pentru gena care provoacă boala. În cele din urmă, oamenii de ştiinţă pot folosi acest marker pentru a găsi cromozomul (una dintre cele 23 de perechi) pe care se află poziţionată gena. În 1983, Kay Davies şi Robert Williamson au descoperit, folosind aceste metode, primul marker pentru o boală genetică – distrofia musculară Duchenne.

În 1988, Academia Naţională de Ştiinţe din Statele Unite a solicitat un demers naţional de anvergură în urma căruia să se identifice poziţia tuturor genelor din genomul uman; în scurt timp, acest demers a căpătat amploare internaţională. După cinci ani de la demarare, proiectul se dovedise deja unul dintre cele mai măreţe eforturi în viaţa ştiinţifică din epoca modernă.

La începutul anilor '70, microbiologii americani Daniel Nathans şi Hamilton Smith preluaseră deja ştafeta şi începuseră să creeze diferite enzime restrictive care secţionează ADN-ul în anumite puncte. În 1970, Smith a descoperit o enzimă care secţiona molecula de ADN într-un anume punct. Nathans a continuat să lucreze asupra acestei proceduri şi a găsit modalităţi de a obţine anumite fragmente de ADN cu lungimea dorită de el şi le-a studiat proprietăţile şi capacitatea de a transmite informaţia genetică. De-acum înainte, cercetătorii se aflau cu adevărat pe drumul către

lucrul cu ADN recombinat, care avea să facă posibilă segmentarea acizilor nucleici şi realcătuirea lor în alte forme. Pentru descoperirile lor cruciale, Smith şi Nathans au primit împreună, în 1978, premiul Nobel pentru fiziologie sau medicină.

În 1973, Stanley H. Cohen şi Herbert W. Boyer au combinat două tehnici – capacitatea de a localiza enzimele restrictive în plasmide şi cea de a izola anumite gene – pentru a da naştere unei extraordinare discipline deschizătoare de drumuri, cunoscută sub numele de inginerie genetică. Cei doi savanţi au extras un segment dintr-o plasmidă existentă în bacteria *Escherichia coli* şi, în locul rămas astfel liber, au introdus o genă dintr-o altă bacterie. Apoi au reintrodus plasmida în *E. coli*, iar bacteria a făcut, ca de obicei, cópii ale plasmidei şi le-a transferat în alte bacterii. Un proces uimitor, impresionant. După numai cîteva luni, alţi oameni de ştiinţă s-au grăbit să-l repete cu alte specii, inserînd în *E. coli* gene recoltate de la musculiţa de oţet şi de la broaşte.

Dar nu toţi priveau această descoperire drept o idee bună. În iulie 1974, Paul Berg împreună cu alţi biologi au convocat o întrunire, sprijinită de Academia Naţională de Ştiinţe a Statelor Unite, în scopul de a stabili coordonatele pentru reglementarea atentă a ingineriei genetice. Încă de atunci continuă o stare de tensiune între cei care vor să exploreze şi mai departe ingineria genetică şi cei care, îngrijoraţi de posibilele consecinţe nedorite, vor să o controleze.

Dar în anii '80, specialiştii în inginerie genetică au reuşit să producă mai multe proteine necesare oamenilor suferinzi, cum ar fi hormonul uman de creştere, insulina

umană, interleukina 2 şi un anticoagulant. Tot ei au creat un vaccin împotriva hepatitei B şi modalităţi de a îmbunătăţi compatibilitatea ţesuturilor în cazul transplantelor. Majoritatea acestor demersuri s-au desfăşurat folosindu-se bazine de producţie în medii controlate cu grijă, iar opoziţia faţă de acest tip de inginerie genetică a mai dat înapoi. În plus, ingineria genetică a reuşit să localizeze markerele genetice pentru maladii genetice precum boala lui Huntington şi distrofia musculară Duchenne (vezi caseta de la paginile 229–230).

În raporturile ei cu populaţia şi cu ştiinţa deopotrivă, ingineria genetică se bucură de o pace jenată. Mulţi oameni ezită cînd este vorba despre experimente cum ar fi eliberarea în mediu a unor bacterii realizate prin inginerie genetică şi chiar un produs aparent nevinovat, precum pătlăgelele roşii produse prin inginerie genetică, pare a avea o imagine publică negativă. Dar, folosită cu responsabilitate, ingineria genetică poate constitui un instrument de mare putere în favoarea vieţii şi sănătăţii noastre şi, fără îndoială, reprezintă una dintre cele mai importante descoperiri ale secolului.

CAPITOLUL 8

DE UNDE AU VENIT OAMENII? CĂUTAREA CONTINUĂ

Valea Marelui Rift care străbate şapte ţări, din extremitatea sudică a Turciei şi pînă în Mozambic, seamănă cu o cicatrice cu margini neregulate pe chipul arid al aproape întregii părţi de est a Africii. Lipsită de vegetaţie, încinsă şi neprimitoare, biciuită de vînturi erozive, această regiune presărată cu stînci proeminente şi straturi geologice străvechi expuse vederii a devenit un uriaş sipet cu comori pentru cei ce caută să afle istoria omenirii. Căci acolo, în apropierea vechilor albii ale lacurilor de mult secate au fost găsite schelete cu vechime de sute de mii şi chiar milioane de ani. Datorită mişcărilor tectonice din apropierea faliilor, aceste schelete sînt ridicate din adîncurile unde au stat îngropate de nenumărate tone de roci şi depozite sedimentare şi sînt expuse eroziunii provocate de vînturile permanente. În cele din urmă, un paleontolog aflat în trecere pe acolo, obişnuit datorită profesiei să observe mereu orice fragment ciudat, o formă sau o culoare grăitoare, ridică o bucată de os, o cataloghează şi astfel începe operaţiunea de căutare a restului scheletului,

a altor schelete şi, poate, a uneltelor şi altor dovezi care ar putea descrie un mod de viaţă.

Nu e uşor să munceşti în această regiune. Iar pentru a reconstitui din fragmente istoria hominizilor (termen folosit pentru a ne descrie pe noi şi pe strămoşii noştri cu mers biped şi postură verticală) este nevoie de privire ageră, de mîini răbdătoare şi atente, deseori de mai multe echipe de savanţi cu specialităţi diferite şi, mai presus de toate, de o piele cît mai insensibilă şi foarte mult farmec personal. Paleontologia se numără printre cele mai controversate ştiinţe. Întrucît paleontologii sînt siliţi să tragă concluzii pe baza fragmentelor de oase şi a probelor de multe ori sărace, ceilalţi savanţi tind să le desconsidere teoriile; oamenii de ştiinţă străini de paleontologie consideră că aceste teorii afirmă prea multe bazîndu-se pe prea puţine informaţii. Chiar şi, sau mai cu seamă, paleontologii între ei reuşesc cu greu să obţină un consens. În plus, domeniul lor de activitate este explorarea unuia dintre subiectele cele mai delicate şi mai încărcate de afectivitate: explorarea ideii că fiinţele umane se trag, dacă nu direct, cel puţin din fiinţe asemănătoare cu maimuţele.

Se spune că, atunci cînd Charles Darwin a avansat această idee, soţia episcopului de Worchester a remarcat: „Să sperăm că nu e adevărat, iar dacă este adevărat, să sperăm că nu va ajunge să fie un fapt cunoscut de toţi". Aceasta este opinia neştiinţifică împărtăşită şi în prezent de mulţi oameni. Drept urmare, această profesiune orfană găseşte cu greu finanţări, deşi există o instituţie şi o familie anume care au depus eforturi susţinute şi considerabile pentru a trezi interesul şi entuziasmul publicului larg: National Geografic Society şi familia Leakey din Kenya.

CELEBRUL NOROC AL FAMILIEI LEAKEY

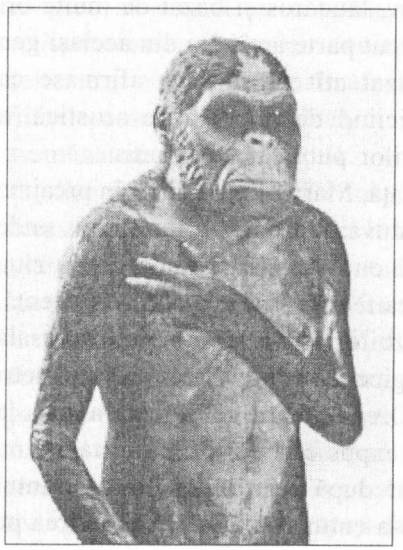
Louis Seymour Bazett Leakey (1902–1972) s-a născut în Kenya, ţara în care părinţii săi de origine engleză veniseră ca misionari; pentru el, Kenya a fost întotdeauna „acasă". Nonconformist, cu o fire independentă, intuitiv, acest om a făcut mai multe decît oricine altcineva înainte de el pentru a prezenta opiniei publice, într-o lumină pozitivă, strădaniile depuse pentru aflarea istoriei hominizilor. La rîndul lui, Leakey a fost un personaj foarte controversat. Dar, împreună cu soţia sa, Mary Nicol Leakey, arheolog şi antropolog, a transformat în întregime imaginea preistoriei omenirii.

Mary Leakey (n. 1913) a fost cea care a condus activitatea în majoritatea siturilor, stabilind sisteme care au devenit standardul profesiei; tot ea a fost cea care a făcut multe dintre descoperiri. Sistematic, cu grijă şi atenţie la detalii, stilul ei de lucru era perfect complementar faţă de cel al lui Louis – impulsiv, lăudăros şi bazat de multe ori pe intuiţie. „Dacă am fi făcut parte amîndoi din acelaşi gen de oameni, n-am fi realizat atît de multe", afirmase ea cîndva. Tot Mary, beneficiind de o pregătire artistică, a ilustrat majoritatea lucrărilor publicate de Louis.

În 1959, într-o dimineaţă, Mary plimba cîinii în preajma unui sit din Canionul Olduvai, în nordul Tanzaniei, unde lucra de un timp împreună cu Louis (care rămăsese în ziua aceea în tabără fiindcă avea febră). Privirea ei mereu atentă, exersată a detectat ceva izbitor într-o secţiune transversală expusă a straturilor geologice, ceva aflat la circa şase metri mai jos de primul strat. O examinare mai atentă a scos la iveală un fragment de os expus care, în primă instanţă, nu părea să fie hominid. Dar după ce a îndepărtat pămîntul din jur şi a văzut dinţii, s-a entuziasmat. „Descoperirea pe

care o făcusem m-a entuziasmat grozav, aşa că m-am dus imediat în tabără să-l aduc pe Louis", scria ea mai tîrziu. Louis nu a fost la fel de încîntat ca şi Mary. El era de părere că au găsit un craniu de *Australopithecus*, în timp ce pe el îl interesa să găsească fosile ale speciei *Homo*.

Denumirea *Australopithecus* a fost introdusă de Raymond Dart în 1924 pentru a descrie fosilele pe care le găsise în Africa de Sud şi care au ajuns cunoscute sub numele de „bebeluşul din Taung". *Australopithecus* înseamnă „maimuţă din sud", dar cei mai mulţi cercetători au conchis, în parte pe baza descoperirilor ulterioare făcute în Africa de Sud de către Robert Broom, că *Australopithecus* nu era o maimuţă, ci un hominid cu mers biped şi poziţie verticală. Însă Leakey susţinuse întotdeauna că specia *Homo* există de foarte mult timp şi că australopitecii descoperiţi de Broom şi Dart nu au o vechime suficient de mare pentru



Model reconstituit al unei femele adulte de Australopitecus africanus, *care a trăit probabil acum 2,5 milioane de ani. Rămăşiţele ei au fost descoperite în Africa de Sud.* Muzeul de Istoria Naturii, Londra

a fi strămoşii omului, punct de vedere împărtăşit la vremea aceea de foarte puţini paleontologi.

Dar după noi examinări ale sitului, chiar şi pe Leakey l-a cuprins emoţia. Descoperiseră ceea ce, în paleoantropologie, se numeşte „strat viu" unde îşi făcuseră tabără un grup de hominizi cu mii de ani în urmă. Era mai vechi, mai puţin perturbat şi conţinea mai multe dovezi decît oricare alt strat viu descoperit pînă în momentul acela.

Aflat la circa 450 de kilometri vest de Oceanul Indian, aproape de Lacul Victoria, în Tanzania, Canionul Olduvai traversează albia unui fost lac, acum secat şi prăfuit, şi are o adîncime de 90 de metri, pe alocuri mai mult. Straturile de sedimente expuse de-a lungul pereţilor canionului acoperă un interval de timp de 1,9 milioane de ani – de la începutul erei pleistocene. Acolo unde despică fostul mal al străvechiului lac, canionul expune straturi peste straturi de foste locuri de tabără, unde vechii hominizi trăiau pe malul apei. În trecut, nivelul apei lacului scăzuse şi crescuse repetat, iar hominizii îşi făcuseră tabără pe malul lui, apoi plecaseră, lăsînd în urmă tot felul de resturi care au fost acoperite de apă şi material sedimentar şi, uneori, printr-un noroc, de un strat de cenuşă vulcanică în perioadele de erupţie ale vulcanului din apropiere. Deşi resturile organice au putrezit, oasele şi pietrele folosite ca unelte au fost ocrotite de acţiunea distructivă a vîntului şi soarelui şi s-au păstrat.

În acest sit, oasele animalelor consumate de hominizi au rămas prin preajmă, multe dintre ele fiind rupte pentru a se scoate din ele măduva. În zonă se găseau şi numeroase unelte de piatră, şi toate acestea împrejurul craniului descoperit de Mary. În plus, straturile de rocă vulcanică au dat posibilitatea folosirii unei noi tehnici de datare, cea cu

potasiu şi argon, folosită pentru prima oară în cazul acestei descoperiri făcute de Mary. „Zinjanthropos", cum l-a botezat Louis, avea o vechime de 1,75 miliarde de ani. Prezenţa uneltelor însemna, prin definiţie, că este vorba de o fiinţă umană timpurie. Aceasta a fost cea mai veche descoperire de hominizi *şi* unelte făcută pînă la momentul respectiv. Mulţi savanţi nu crezuseră că australopitecii au fost în stare să-şi confecţioneze unelte, iar Louis Leakey nici nu voia să le accepte prezenţa în linia directă de descendenţă a omenirii. Şi totuşi, găsiseră dovada.

INSTRUMENTELE ŞTIINŢEI: METODE DE DATARE

Cum poţi şti ce vîrstă are o fosilă de vreme ce data nu este ştanţată pe verso? În ultimele cîteva decenii au fost create mai multe tehnici de datare, majoritatea extrem de sofisticate. Multe dintre ele se bazează pe faptul că izotopii radioactivi au un timp de înjumătăţire predictibil; prima persoană care a găsit o asemenea metodă a fost chimistul american Willard Frank Libby (1908–1980), care a inventat în 1947 metoda cunoscută drept datarea cu carbon 14.

Izotopul de carbon 14, descoperit în 1940, are un timp de înjumătăţire (timpul necesar pentru dezintegrarea a jumătate din cantitatea de substanţă radioactivă) surprinzător de lung: 5700 de ani, iar Libby şi-a dat seama cum poate fi folosită această particularitate pentru datarea fosilelor. Radiaţiile cosmice convertesc o parte din azotul 14 din atmosfera Pămîntului în carbon 14, iar procesul chimic decurge astfel încît în atmosferă este tot timpul prezentă o anumită cantitate de carbon 14. Cum plantele absorb dioxid

de carbon în timpul fotosintezei, şi-a spus Libby, e normal ca moleculele tuturor ţesuturilor vegetale să conţină un anumit procent de carbon 14 existent de obicei în atmosferă – un procent foarte mic, dar mereu prezent. Cum carbonul 14 este radioactiv, este uşor de măsurat cu mare precizie particulele beta pe care le emite.

Cînd planta moare, fotosinteza încetează şi planta nu mai absoarbe dioxid de carbon şi nici carbon 14, iar carbonul 14 existent în plantă în momentul morţii ei continuă să se degradeze fără a mai fi înlocuit. Libby s-a gîndit că, măsurînd concentraţia de carbon 14 care se mai găseşte într-o plantă cîndva vie, ne putem da seama de cît timp a murit planta. Acurateţea acestei metode s-a dovedit uimitoare; metoda a putut fi folosită pe mostre de lemn, pergament, pînză – orice alt obiect făcut dintr-o plantă – pentru a data obiecte cu vechime de pînă la 50 000 de ani (cu tehnici speciale chiar pînă la 70 000 de ani). Pentru că animalele mănîncă plante (sau alte animale care mănîncă plante), metoda cu carbon 14 poate fi extinsă şi asupra studiului oaselor fosilizate. În studiul fosilelor, aceasta este una dintre puţinele metode de datare care foloseşte chiar fosila în sine.

Astăzi ştim că, în funcţie de nivelul radiaţiilor cosmice, concentraţia de carbon 14 din atmosferă variază, aşadar datarea cu carbon 14 trebuia să fie calibrată folosind un anume standard cunoscut, cum sînt inelele de creştere anuală ale copacilor.

Întrucît datarea cu carbon 14 are o arie de aplicabilitate limitată, a fost nevoie de o metodă care să fie folosită pentru datarea fosilelor hominide extrem de vechi. Datarea cu potasiu şi argon, descoperită în 1961, este utilă pentru a stabili vechimea rocilor de origine vulcanică şi poate fi

aplicată pentru testarea rocilor vulcanice care înconjoară o fosilă găsită în zone vulcanice, cum este Valea Marelui Rift din estul Africii. Acest avantaj de datare într-o zonă vulcanică constituie unul dintre motivele pentru care fosilele din Valea Marelui Rift sînt mult mai uşor de datat decît cele găsite în zone cu peşteri, aflate mai spre sud.

Cînd erupe, un vulcan aruncă lavă topită în care se găsesc minereuri ce conţin potasiu. Din toată cantitatea de potasiu, un mic procent îl constituie un radioizotop al acestui element, anume potasiu 40; în cazul acestui izotop se poate folosi aceeaşi metodă ca în cazul carbonului 14. Izotopul de potasiu 40 se dezintegrează cu o rată anume, cunoscută, iar în urma dezintegrării rezultă gazul argon. Pe măsură ce se răceşte, în lava topită dintr-un vulcan se formează cristale, iar argonul rezultat prin dezintegrarea potasiului 40 rămîne captiv în aceste cristale. Măsurînd proporţiile relative de potasiu 40 şi argon din cristale se poate afla cu cît timp în urmă s-a răcit lava. Mai există şi metode de a verifica dacă cristalele au pierdut o parte din argon.

În zone ca Valea Marelui Rift, straturile de lavă alternează de obicei cu straturi sedimentare, unde se găsesc fosilele, astfel că se pot calcula o serie de date la anumite intervale ale evoluţiei formaţiunii geologice respective.

Aceste tehnici de datare, împreună cu altele, precum datarea cu ajutorul termoluminescenţei, datarea prin urmărirea fisiunii, datarea prin faună (bazată pe stadiul de evoluţie al tipurilor de fosile animale găsite în acelaşi strat) şi măsurătorile orientării magnetice reziduale, au îmbogăţit repertoriul folosit de cercetători pentru datarea fosilelor foarte vechi.

Potrivit vederilor sale, Leakey a creat un nou gen: *Zinjanthropos*, adică „omul din estul Africii" (*Zinj* este numele vechi al Africii de Est, iar *anthropos* înseamnă om). Numele întreg al acestui exemplar a devenit *Zinjanthropos boisei*, după numele lui Charles Boise, un binefăcător care le-a asigurat soţilor Leakey toate cele necesare pentru a cerceta acel sit. (Leakey aduna neobosit fonduri; ulterior a dus cu el în Statele Unite craniul din Zinj şi l-a folosit pentru a convinge National Geografic Society să-l susţină.) Craniul „Omului spărgător de nuci", cum a fost numit adesea, avea o creastă distinctă în creştet, de care se prindeau muşchi mari cu ajutorul cărora îşi mişca fălcile puternice şi molarii uriaşi pentru sfărîmat (de unde şi porecla). În cele din urmă, Leakey a pierdut lupta pentru denumire şi exemplarul a fost reclasificat ulterior sub numele *Australopithecus boisei*.

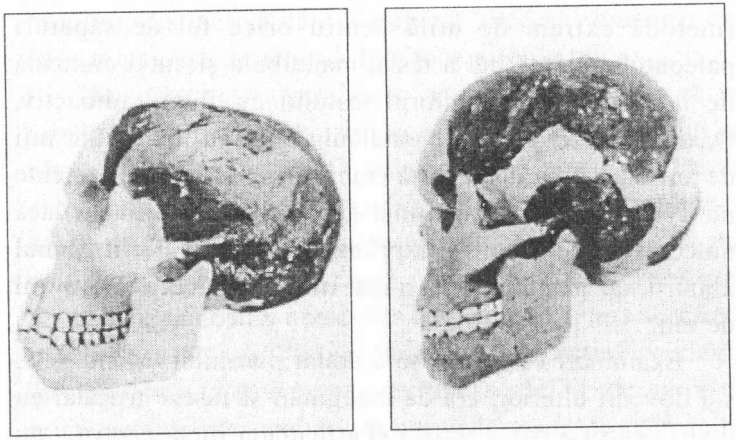
Între timp, pe cînd soţii Leakey îşi desfăşurau activitatea în Africa, la siturile din Olduvai, la doar cîţiva ani după descoperirea lui Mary, în atmosfera paşnică a Muzeului Britanic din Londra s-a stîrnit o agitaţie fără precedent: în lumea paleoantropologiei se pregătea un scandal.

REVENIREA ASUPRA OMULUI DIN PILTDOWN

Pentru paleontologii şi antropologii englezi, craniul descoperit în 1911 la Piltdown a constituit una dintre cele mai îmbucurătoare – deşi enigmatică – fosile hominide aflate pînă la data aceea. Craniul, găsit într-o carieră de piatră din apropierea unei localităţi din Sussex, Anglia, numită Piltdown Common de către nişte muncitori care construiau un drum, a suscitat mai întîi atenţia unui avocat

pe nume Charles Dawson. Spunîndu-şi că precis e vorba de o fosilă, el a dus craniul unui paleontolog de la Muzeul Britanic, Arthur Smith Woodward. Pe Woodward l-a izbit faptul că, spre deosebire de Neanderthal, fosila cu vechime cuprinsă între 30 000 şi 40 000 de ani descoperită în 1857 în Germania, acest craniu nu avea arcade zigomatice puternice şi semăna mai mult cu omul modern. Intrigat, s-a dus cu Dawson la locul descoperirii ca să vadă dacă mai pot găsi şi alte părţi ale scheletului. După mai multe zile de căutări, Dawson a găsit o mandibulă nu departe de locul unde căuta şi Woodward. Mandibula avea aceeaşi culoare maronie ca şi restul craniului şi părea să facă parte din acelaşi schelet. Dar, deşi cutia craniană semăna izbitor cu cea umană, mandibula semăna cu aceea de maimuţă, Numai că dinţii nu arătau ca cei de maimuţă, ci erau tociţi ca urmare a masticaţiei, ca la oameni.

Au urmat controverse extrem de aprinse, căci cercetătorii au încercat să explice unele dintre caracteristicile stranii ale omului de la Piltdown. Pe baza dovezilor sumare reprezentate de două fragmente incomplete (oasele feţei lipseau şi, la fel, unele dintre elementele articulaţiei mandibulei), Woodward a reconstituit craniul, modelînd forma cutiei craniene şi volumul cerebral astfel încît să se potrivească cu mandibula de maimuţă. În acelaşi timp, Sir Arthur Keith, un antropolog renumit, a preferat să pună accentul pe volumul mai mare al cutiei craniene şi pe structura aparent mai aproape de uman a craniului – un strămoş evident mai de dorit decît Neanderthal – şi a reconstituit mandibula în aşa fel încît să semene mai puţin cu una de maimuţă. Aceasta era, cu siguranţă, veriga de trecere între maimuţă şi om.



Cele două modele reconstituite ale craniului de la Piltdown: cel al lui Woodward, cu mandibula ca de maimuţă şi volumul cutiei craniene mai mic (stînga) şi cel al lui Keith, cu mandibula şi volumul cutiei craniene asemănătoare cu cele umane

De fapt, pe Keith îl atrăgea atît de mult ideea unui strămoş cu volum cranian mare încît, în 1924, cînd Raymond Dart a descoperit australopitecul în Africa, a pus la îndoială cu îndărătnicie poziţia australopitecului pe linia de descendenţă ce a dus la apariţia omului – fiindcă avea creier mic şi mandibulă asemănătoare cu aceea umană, exact invers faţă de modelul omului de la Piltdown reconstituit de Keith. Keith era un adversar bine instruit în asemenea chestiuni. O dată i-a invitat pe cei care se îndoiau de capacităţile sale să sfărîme un craniu pe care, ulterior, l-a reconstruit perfect pornind de la numai cîteva fragmente.

Adevărul despre omul de la Piltdown a devenit cert abia la începutul deceniului 50, cînd Kenneth Oakley de la Muzeul Britanic a elaborat o metodă nouă pentru a determina dacă osemintele străvechi au sau nu aceeaşi vîrstă

(metodă extrem de utilă pentru orice fel de săpături paleontologice). Cînd a testat mandibula şi cutia craniană de la Piltdown cu ajutorul testului cu fluor radioactiv, Oakley a descoperit că mandibula avea cu mai multe mii de ani mai puţin decît cutia craniană. Cele două fragmente nu aveau cum să fi aparţinut aceluiaşi individ, doar dacă nu cumva, după cum s-a exprimat un savant mucalit, „omul a murit, iar mandibula lui a mai trăit după aceea cîteva mii de ani".

Examinarea minuţioasă a arătat mai mult. Mandibula, s-a dovedit ulterior, era de urangutan şi fusese trucată: cu dinţii pentru a părea umani şi articulaţia ruptă pentru a nu i se putea recunoaşte identitatea. Ambele fragmente fuseseră vopsite cafeniu şi plantate împreună în cariera de piatră.

Kenneth Oakley şi-a anunţat descoperirile în noiembrie 1952; ziarele au început imediat să trîmbiţeze: „Omul-maimuţă de Piltdown – un fals! Farsa fosilelor îi face pe savanţi să pară ei înşişi nişte maimuţoi!"

Nimeni nu ştie precis cine a fost acela care a pus la cale farsa. Un probabil candidat este Dawson. Fosilele îl fascinaseră întotdeauna şi, în definitiv, descoperirea de la Piltdown i-a introdus numele în cărţile de istorie a ştiinţelor. Un alt posibil suspect este Arthur Conan Doyle, creatorul personajului Sherlock Holmes: scriitorul locuia în apropiere şi avea o plăcere sardonică de a-i ridiculiza pe savanţi. Însă nimeni nu ştie sigur. Singura certitudine este aceea că un grup de savanţi englezi de elită au luat farsa drept adevăr, poate fiindcă se săturaseră să vadă că Franţa şi Germania sînt singurele recunoscute (la acea dată) drept leagănul de început al speciei umane sau poate, în unele cazuri, fiindcă volumul cutiei craniene le confirma propria convingere că

trăsătura distinctivă care a asigurat succesul omenirii aşa cum o cunoaştem acum a fost tocmai creierul.

Din perspectiva pe care o avem acum e uşor să ne mirăm cum s-a putut ca nişte savanţi eminenţi şi erudiţi au căzut pradă unei farse atît de evidente – acum. Dar, după cum scria cîndva Isaac Asimov, judecarea trecutului cu datele prezentului e un lucru ignobil. În 1911 nu se ştia mai nimic despre evoluţia hominizilor, iar aceşti cercetători nu dispuneau de nici una dintre tehnicile de datare şi testare existente astăzi. Piltdown constituie o lecţie excelentă privind uşurinţa cu care ne putem lăsa păcăliţi de propriile prejudecăţi şi presupuneri. Şi noi vedem adesea ceea ce ne dorim să vedem – dar dacă vrem să găsim adevărul, trebuie să privim mult mai departe.

Efectul imediat al farsei a fost căderea paleoantropologiei în dizgraţie. Un membru al Parlamentului a sugerat dizolvarea Muzeului Britanic. Sir Arthur Keith a murit în 1955, sfîrşind prost o carieră de altfel reuşită. Întreaga validitate ştiinţifică a acestei profesii a fost pusă la îndoială, căci oamenii au început să se întrebe cum s-ar putea face corect atîtea supoziţii pornind de la atît de puţine date.

Dar ştiinţa este destinată să se corecteze singură şi să înveţe din greşeli. Înainte de al doilea război mondial, majoritatea oamenilor erau de părere că una dintre principalele trăsături distinctive ale hominizilor a fost creierul mare. Orgoliul omenesc şi farsa de la Piltdown au contribuit mult la întărirea acestei idei. După discreditarea omului de la Piltdown, mai mulţi antropologi au început să acorde atenţie dovezilor tot mai numeroase cum că australopitecul cel cu creier mic umblase în două picioare. Iar definiţia hominidului a ajuns să se concentreze mai

puţin asupra mărimii creierului şi mai mult asupra formei picioarelor şi pelvisului. Este adevărat că nu toată lumea a fost de acord cu această premisă şi capacitatea cranianã încă mai este în cumpănă, ca şi folosirea uneltelor.

„OMUL ÎNDEMÎNATIC"

În 1961, la scurt timp după publicarea veştilor despre „Omul spărgător de nuci" care se potrivise atît de prost cu concepţia lui Louis Leakey despre preistoria omenirii, fiul său, Jonathan, a descoperit în Canionul Olduvai un craniu incomplet care părea să fi aparţinut unui hominid „avansat". Cu ajutorul tehnicii de datare cu potasiu şi argon, experţii au reuşit să-i stabilească vîrsta: 1,75 milioane de ani, iar uneltele găsite în zonă păreau să facă trimitere la capacitatea de a-şi folosi agil mîinile. Aşa că fosila a fost şi a rămas botezată *Homo habilis* sau „Omul îndemînatic".

Richard, fiul soţilor Leakey, scria: „Aceasta a fost întîia dovadă că primii membri ai liniei umane au fost contemporani ai australopitecilor şi nu descendenţii lor, aşa cum credeau foarte mulţi".

Dar s-a pus întrebarea dacă fosila reprezintă într-adevăr o specie distinctă sau doar un alt australopitec. În zonă s-au mai găsit şi alte fragmente pe care soţii Leakey le-au considerat ca făcînd parte din acelaşi exemplar, dar unii critici au contestat o parte din identificările şi presupunerile lor.

În 1972, Bernard Ngeneo, care lucra împreună cu Richard Leakey, a descoperit în Kenya, la East Turkana, un craniu similar cunoscut drept „1470". S-au mai găsit şi alte fragmente din acest craniu, iar soţia lui Richard, Meave, împreună cu o echipă de experţi în anatomie le-au reconstituit. Richard Leakey crede că acest craniu cu volum destul de

mare şi datat ca avînd 1,89 de milioane de ani este cea mai veche fosilă a unui adevărat strămoş al omului (australopitecii şi alte fosile hominide fiind ramuri colaterale).

Între timp numeroase dovezi cu privire la australopiteci s-au adunat în altă parte.

LUCY

La 30 noiembrie 1974, antropologul Donald Johanson a făcut una dintre cele mai incitante descoperiri de fosile din toate timpurile. Lucrînd împreună cu colegii săi la Hadar, în regiunea Afar din Etiopia, a dezgropat cel mai complet schelet vechi de 3,5 milioane de ani găsit vreodată. Judecînd după forma pelvisului, echipa de teren a presupus că exemplarul este o femeie şi au numit-o Lucy. Deşi nu este întru totul sigur că ar fi vorba de o femeie (nu există pelvisuri masculine pentru a se putea face comparaţia), numele a prins. Titulatura ştiinţifică dată „ei" este *Australopithecus Afarensis,* adică „maimuţă din sud, de la Afar". (Deşi nici una dintre aceste fosile nu provine din sud, primul australopitec a fost descoperit în Africa de Sud. Termenul s-a păstrat chiar dacă unii se mai întreabă cît de potrivit este termenul de „maimuţă".)

Lucy era mică de statură – abia un metru şi douăzeci de centimetri înălţime – şi avea un creier mic, întărind ideea că „umblatul în două picioare" a precedat lărgirea capacităţii cerebrale. Ideea descoperirii unei fosile feminine a făcut descoperirea lui Johanson foarte atrăgătoare pentru publicul larg. Însă, ca de obicei, s-au stîrnit mai multe discuţii contradictorii: cu privire la vîrsta fosilei (poate că are numai 3 milioane de ani), la posibilitatea ca o fosilă descoperită de Mary Leakey la o distanţă de 1500

de kilometri să facă parte din aceeaşi specie (Johanson afirma că da, în timp ce Mary Leakey susţinea că nu) şi la locul fosilei în istoria hominizilor.

La începutul anilor '80 domnea o nedumerire considerabilă pe care descoperirile din această perioadă, oricît de palpitante, nu au reuşit să o limpezească.

BĂIATUL DE LA TURKANA

Într-o zi de august din 1984, lucrînd în Kenya în apropierea lacului Turkana, Kimoya Kimeu făcea cale întoarsă pe un traseu deja parcurs pentru a se uita la un craniu de rinocer care îi scăpase cu o zi înainte. Kimeu era şeful de echipă al unui grup care lucra sub conducerea lui Richard Leakey, devenit directorul Muzeului Kenya, şi a lui Alan Walker de la Johns Hopkins Medical School. Printre cele mai importante abilităţi necesare pentru acest gen de muncă se numără privirea ageră şi capacitatea de a recunoaşte forme, culori şi texturi ciudate şi grăitoare, pe lîngă răbdarea necesară pentru a te întoarce pe unde ai mai fost, ca să priveşti iarăşi şi să regîndeşti ceea ce vezi. Un lucru ciudat i-a atras privirea lui Kimeu: un fragment micuţ de craniu. A doua zi s-a întors împreună cu întreaga echipă şi, pînă la asfinţitul soarelui, au reuşit: au găsit noi fragmente ale unui craniu de *Homo erectus*. Încă vreo cîteva zile au cernut, au sortat şi au lipit laolaltă bucăţile sparte. Dar le lipseau încă segmente mari. S-au hotărît să mai insiste o zi. A doua zi, o lovitură norocoasă cu o daltă micuţă a răscolit pămîntul şi pietrele de la rădăcina unui copac şi oasele faciale lipsă au apărut. Echipa a continuat, insistînd. La sfîrşit au putut constata că au descoperit cel mai complet schelet de *Homo erectus* de pînă atunci şi, de

asemenea, primul schelet atît de vechi: 1,6 milioane de ani. Era scheletul unui băiat în vîrstă de circa 12 ani, înalt de aproximativ un metru şi şaizeci de centimetri – surprinzător de înalt pentru vîrsta lui.

CRANIUL NEGRU

Revenind pe pista „Omului spărgător de nuci" descoperit de Mary Leakey în 1959, Alan Walker a descoperit în 1985 un alt australopitec cu fălci uriaşe şi creste pronunţate. „Craniul negru" – numit astfel datorită culorii osului fosilizat – a fost descoperit în Kenya, aproape de lacul Turkana, iar vîrsta lui a fost estimată între 2,5 şi 2,6 milioane de ani. Acest exemplar robust mai vechi, numit uneori „hiper-robust", a primit denumirea ştiinţifică de *Australopithecus robustus*. Are cel mai mic volum al cutiei craniene din cîte s-au văzut pînă în prezent la un craniu de hominid, deşi nu este cel mai vechi hominid descoperit. Crestele osoase sînt cele mai proeminente găsite vreodată. Judecînd după molarii mestecători foarte mari (de patru-cinci ori mai mari decît cei ai omului de azi), uriaşii muşchi mandibulari prinşi de creste par să fi fost folosiţi pentru a fărîma tulpini tari de plante sau pentru a sparge seminţe. Capul şi faţa sînt, de asemenea, mai înclinate în faţă decît la ceilalţi australopiteci.

Faptul că Craniul Negru are cu trei sferturi de milion de ani mai mult decît *A. boisei* sugerează faptul că australopitecii robuşti au reprezentat o ramură reuşită şi longevivă a familiei hominizilor, nu o fundătură. Şi, de fapt, în 1989 Richard Leakey se distanţase deja de ideile sale iniţiale despre descendenţă şi a ajuns la concluzia că e prea devreme pentru a concluziona pe baza dovezilor existente.

MISTERE NEDEZLEGATE

În ultimele decenii, chestiunea fosilelor, deşi încă sumar conturată, s-a lămurit în privinţa unui aspect: australopitecii trebuie să fie recunoscuţi drept o sub-familie cu caracteristici comune importante. Erau fiinţe bipede, cu postură de obicei verticală, cu dinţi asemănători cu cei umani şi creier relativ mic. Foloseau unelte. Şi sînt candidaţi buni pentru rolul de strămoşi ai omenirii. Descoperirile din estul Africii şi recunoaşterea faptului că primii oameni şi australopitecii au ocupat acelaşi teritoriu în acelaşi timp au dat naştere multor întrebări cu privire la arborele genealogic al omenirii. Ar fi putut oare australopitecii şi oamenii să formeze cupluri mixte? Oare oamenii i-au şters pe australopiteci de pe suprafaţa pămîntului? Ce s-a petrecut? Putem fi siguri cel puţin de faptul că oamenii şi australopitecii cunoscuţi trebuie să fi avut un strămoş comun (poate *A. afarensis,* cred acum unii antropologi).

Numeroşi experţi cred că putem postula cu destulă siguranţă că *Homo* a existat în estul Africii acum cel puţin două milioane de ani, dezvoltîndu-se paralel cu cel puţin un neam de australopiteci *(A. boisei).* Se pare că aceste două neamuri hominide au trăit în acelaşi spaţiu timp de cel puţin un milion de ani, după care linia australopitecilor a dispărut pentru totdeauna. În acelaşi timp, *Homo habilis* a trecut în forma ulterioară, *Homo erectus* care, la rîndul lui, a devenit *Homo sapiens* (omul modern).

Pare din ce în ce mai probabil că desprinderea din arborele genealogic a liniilor cunoscute s-a petrecut cu circa 6 milioane de ani în urmă, după care au coexistat vreme îndelungată mai multe tipuri de maimuţe, oameni, oameni-maimuţă şi aproape-oameni. Încă nu putem fi siguri,

judecînd după dovezile de care dispunem, dacă au convieţuit paşnic sau ca duşmani şi s-ar putea să nu aflăm niciodată răspunsul la această întrebare. De asemenea, nu putem şti precis, după datele pe care le deţinem în prezent, care ne sînt strămoşii direcţi şi care doar veri îndepărtaţi.

Povestea este departe de a se fi încheiat şi cu siguranţă se vor mai produce şi alte controverse pe parcursul căutării continue de indicii cu privire la trecutul oamenilor şi al strămoşilor lor.

EPILOG

În secolul al XX-lea, știința a ajuns departe și continuă să progreseze, avansînd pe teritorii noi și palpitante. În ultimele cinci decenii, a face știință a devenit, mai mult ca oricînd, o călătorie pe tărîmuri stranii, cu atît mai inedite și mai incitante cu cît reprezintă chiar esența universului în care trăim. Înțelegerea acestor noi teritorii – lumea fizicii particulelor subatomice, a ADN-ului, a virusurilor, a Big Bang-ului și a universului în expansiune – ne oferă o fereastră prin care putem privi dincolo de noi înșine și de propriile interese, putem deveni cetățeni mai bine informați cu privire la universul din care facem parte și în care putem să trăim tot mai armonios. Aceeași comprehensiune ne face să prețuim cele descoperite de alții înaintea noastră, să învățăm din ele și, mereu, să punem la îndoială, căci această putere – puterea minții noastre – este cel mai mare dar pe care îl putem oferi, atît nouă înșine, cît și lumii întregi – esența existenței de om.

Într-un sens foarte real, viitorul lumii depinde de viitorul științei. Depindem de cunoștințe pentru a lua hotărîri în cunoștință de cauză și avem nevoie de roadele științei pentru a dobîndi aceste cunoștințe. În calitate de cetățeni, noi ținem frîiele. Fiindcă majoritatea demersurilor științifice (dar nu toate) au nevoie în egală măsură de muncă de echipă coordonată și de dotări tehnice costisitoare, știința are

nevoie de sprijinul guvernelor și al industriei pentru a aborda numeroasele întrebări la care încă nu avem răspuns. Direcția pe care o putem da noi, cetățeni, contribuabili, acționari și consumatori, va hotărî viitorul.

Acum, cînd am depășit pragul spre secolul al XXI-lea, trebuie făcute numeroase alegeri dificile. Hotărîrile în cunoștință de cauză cu privire la cunoașterea științifică au nevoie, cu atît mai mult, de înțelegerea complexă a consecințelor și a aspectelor etice. Ne aflăm la o răscruce a timpului în care se află germenii unor posibilități mai îmbucurătoare ca oricînd. Și, indiferent dacă hotărîm să ne ocupăm noi înșine, direct, de știință sau nu, am devenit cu toții participanți la un demers de mare anvergură.

CRONOLOGIE

1945 Mai: În Europa se încheie al doilea război mondial cînd Germania capitulează; Aliații împart Germania și Austria în patru zone.

1945 August: Japonia capitulează, punînd capăt celui de-al doilea război mondial în Pacific, după lansarea bombei atomice asupra orașelor Hiroshima și Nagasaki, acțiune care a provocat nenumărate morți, distrugeri și schilodiri

1945 A fost creată Organizația Națiunilor Unite

1945 Wernher von Braun, pionier german în domeniul rachetelor, emigrează în Statele Unite, unde își continuă activitatea care va constitui temelia pentru programul spațial al Statelor Unite de la sfîrșitul anilor '50

1946 Abraham Pais și C. Moller introduc termenul lepton pentru a denumi particulele subatomice ușoare care nu sînt afectate de forța nucleară tare

1947 Fizicianul englez de origine maghiară Dennis Gabor formulează conceptul de bază al holografiei (care nu este însă cu adevărat aplicabil în practică înainte de inventarea laserului)

1947 Willard Frank Libby concepe tehnica datării cu carbon radioactiv

1947 R. Marshak și Hans Bethe și, independent de ei, S. Sakata și T. Inoue redescoperă teoria celor doi mezoni; ei înțeleg că mezonul din radiațiile cosmice (acum numit muon) nu este același cu cel preconizat de Yukawa (acum numit pion)

1947 Cecil Frank Powell și echipa sa britanică reușesc să izoleze pionul (a cărui existență a fost întrevăzută în 1935 de japonezul Hideki Yukawa, căruia i se atribuie meritul descoperirii)

1947 O echipă de savanți de la Laboratoarele Bell din Statele Unite inventează tranzistorul

1947 India își cîștigă independența față de guvernarea colonială britanică sub conducerea naționalistului Mahatma Ghandhi

1948 Mahatma Gandhi este asasinat de un fanatic hindus

1948 Independent de Julian Seymour Schwinger și Shin'ichiro Tomonaga, Richard Feynman elaborează electrodinamica cuantică renormalizabilă (QED); De fapt Tomonaga este primul, lucrările sale fiind încheiate în 1943, în timpul celui de-al doilea război mondial, dar activitatea lui nu a fost cunoscută dincolo de granițele Japoniei decît mai tîrziu

1948 George Gamow, Ralph Alpher și Robert Herman elaborează teoria Big Bang-ului cu privire la originea universului

1948 Inaugurarea telescopului de 200 de ţoli de pe muntele Palomar, în apropiere de Pasadena, California

1949 Uniunea Sovietică testează bomba atomică; în 1951, în Statele Unite se vînd deja adăposturi atomice pentru populaţia civilă

1949 Ia naştere *North Atlantic Treaty Organization* (NATO) cu scopul de a menţine sub control agresiunea sovietică

1949 Se instaurează Republica Populară Chineză, după triumful repurtat de liderul comunist Mao Tzedun în războiul civil din China

1950 Începe războiul din Coreea

1951 Zece milioane de familii americane au televizor acasă

1951 UNIVAC, primul computer comercial, este acceptat de Oficiul American de Recensămînt

1951 Este inventat microscopul cu cîmp ionic; este primul instrument care poate înfăţişa individual atomii

1951 Este construit în Idaho primul reactor nuclear experimental

1952 Statele Unite testează în Insulele Marshall bomba cu hidrogen, mult mai puternică decît bomba cu fisiune atomică

1952 Fizicianul american Charles H. Townes inventează maserul

1952 Se produce primul accident la un reactor nuclear la Chalk River, în Canada; miezul nuclear explodează ca urmare a greşelii unui tehnician

1952 Este creată „pilula" contraceptivă

1953 Francis Crick şi James Watson descoperă structura de dublu helix a moleculei de ADN

1953 Murray Gell-Mann propune proprietatea de stranietate pentru anumite particule subatomice

1953 Fizicianul Donald Glaser inventează camera cu bule pentru detectarea particulelor subatomice

1953 După 41 de ani de la descoperirea fosilei se constată că omul de la Piltdown a fost o farsă

1953 Se încheie războiul din Coreea; Coreea de Nord şi Coreea de Sud rămîn despărţite

1954 Jonas Salk creează vaccinul împotriva poliomielitei care, împreună cu un alt vaccin creat de Albert Sabin, reduce numărul de cazuri de poliomielită din Statele Unite cu 96% pînă în 1961

1954 Se creează CERN (iniţial Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, acum cunoscut sub titulatura European Organization for Nuclear Research) cu sediul în apropiere de Geneva, Elveţia

1954 Luis Walter Alvarez construieşte o cameră cu bule cu hidrogen lichid în care poate observa urmele lăsate de particulele subatomice

1954 Chen Ning (Frank) Yang şi Robert Mills elaborează teoria calibrării cîmpurilor

simetrice, un pas major în direcţia concepcrii universului din perspectiva simetriilor fundamentale care au fost perturbate la începutul evoluţiei cosmice

1954 Walter Baade şi Rudolph Minkowski identifică sursa radio denumită Cygnus A drept o galaxie îndepărtată

1954 În cazul *Brown* versus *Comisia de Educaţie,* Curtea Supremă a Statelor Unite decide că şcolile segregate (separat pentru elevii albi şi cei negri) sînt neconstituţionale

1954 Joseph McCarthy, senator de Wisconsin, întreprinde audieri pe care mulţi le numesc „vînătoare de vrăjitoare", încercînd să scoată la iveală existenţa unor comunişti infiltraţi în guvernul şi viaţa americanilor

1954 Este lansat submarinul nuclear U.S.S. *Nautilus*

1954 Apar în Statele Unite primele meniuri congelate preparate special pentru consumul în faţa televizorului

1955 Se stinge din viaţă Albert Einstein

1955 Rosa Parks, o femeie afro-americană din Montgomery, Alabama, refuză să-i cedeze unui bărbat alb locul în autobuz, aşa cum cerea legea locală; este arestată, iar afro-americanii boicotează autobuzele din Montgomery, în semn de protest, timp de peste un an

1955 Se inaugurează McDonalds şi Disneyland

1956 Yang şi Tsung Dao Lee avansează teoria că

paritatea nu se conservă în interacţiunile slabe, adică forţa slabă nu funcţionează simetric. Experimentele efectuate în acelaşi an de către Chien Shiung Wu şi colaboratorii săi confirmă această teorie

1956 Sînt observate pentru prima oară particulele neutrino (a căror existenţă a fost teoretizată pentru prima oară de către Wolfgang Pauli în 1930)

1956 Revoltă în Ungaria, reprimată de trupele sovietice

1956 Biochimista britanică Dorothy Hodgkin descoperă structura vitaminei B_{12} folosind un computer electronic, realizare pentru care primeşte premiul Nobel pentru chimie în 1964

1957 Octombrie: Uniunea Sovietică lansează primul satelit artificial al Pămîntului, *Sputnik*

1957 Schwinger avansează ipoteza că forţa electromagnetică şi forţa slabă sînt aspecte ale aceluiaşi tip de interacţiune

1957 În Statele Unite este adoptată Legea Drepturilor Civile şi se înfiinţează Comisia Drepturilor Civile pentru a monitoriza chestiunile legate de drepturile civile; trupele federale aplică prin forţă, în localitatea Little Rock, Arkansas, desegregarea ordonată de Curtea Supremă

1958 Jan Hendrik Oort şi colegii săi folosesc telescoape radio pentru a elabora harta

braţelor spiralate ale galaxiei Calea Lactee

1958 Este lansat pe orbită Explorer I, primul satelit american

1959 Se semnează Tratatul Antarctic de către douăsprezece naţiuni care sînt de acord să lase deoparte pretenţiile politice timp de 34 de ani şi să folosească acest continent drept un imens laborator ştiinţific

1959 Revoluţie în Cuba; Fidel Castro îl înlătură pe dictatorul aflat la putere, solicită sprijinul Uniunii Sovietice şi formează guvernul comunist, determinînd întreruperea relaţiilor americano-cubaneze

1959 Uniunea Sovietică trimite sonde spaţiale pe Lună

1960 Allan Sandage şi Thomas Matthews descoperă primii quasari, cele mai luminoase obiecte din univers

1960 Fizicianul american Theodore H. Maiman face prima demonstraţie reuşită cu laserul

1960 Luis Walter Alvarez anunţă că a descoperit rezonanţele, particule cu viaţă extrem de scurtă

1960 Avionul-spion american U-2 este doborît deasupra Uniunii Sovietice

1960 Şaisprezece ţări africane îşi cîştigă independenţa

1961 Murray Gell-Mann şi alţii elaborează ceea ce Gell-Mann numeşte „modalitatea cu opt trepte" de clasificare a particulelor subatomice grele

1961 Robert Hofstadter descoperă că protonii şi neutronii au o structură

1961 Iuri Gagarin (Uniunea Sovietică) devine prima persoană care ajunge pe orbita Pămîntului

1961 Se construieşte Zidul Berlinului, care desparte Berlinul de Est de cel de Vest şi împiedică trecerea est-germanilor în Berlinul de Vest

1962 Un grup condus de G. Danby de la Brookhaven, New York, descoperă existenţa a două tipuri de particule neutrino, unul asociat cu electronul şi al doilea cu muonul (acum se crede că există şi un al treilea tip, cunoscut ca *tau neutrino)*

1962 L. B. Okun introduce termenul hadron pentru a desemna grupul de particule afectate de forţa nucleară tare (ca protonii, neutronii, pionii şi kaonii)

1962 Statele Unite lansează satelitul de comunicaţii Telstar

1962 Criza rachetelor cubaneze

1962 John Glenn devine primul astronaut american care ajunge pe orbita Pămîntului

1963 Maarten Schmidt descoperă deplasarea spre roşu în liniile spectrale ale unui quasar, ceea ce indică faptul că quasarii sînt cea mai îndepărtată clasă de obiecte din univers

1963 Este pus la punct vaccinul împotriva rujeolei

1963 Preşedintele american John F. Kennedy este asasinat pe 22 noiembrie în Dallas. Două zile mai tîrziu, Lee Harvey Oswald,

bărbatul acuzat de asasinat, este împuşcat mortal de Jack Ruby, proprietarul unui club de noapte

1964 Murray Gell-Mann şi George Zweig introduc conceptul de quark

1964 Descoperirea particulei omega-minus la Laboratorul Naţional Brookhaven confirmă teoria clasificării „în opt trepte" făcută de Gell-Mann

1964 Sheldon Glashow şi James D. Bjorken introduc o a patra specie de quark, denumită farmec (charm).

1965 Liderul afro-american Malcolm X este asasinat la 21 februarie

1965 În California este inaugurat Stanford Linear Accelerator Center (SLAC)

1967 Chia Lin şi Frank Shu demonstrează că braţele spiralate ale galaxiilor ar putea fi create de unde de densitate care se propagă pe suprafaţa discului galactic

1967 Jocelyn Bell şi Anthony Hewish descoperă pulsarii, ceea ce duce la probarea existenţei „stelelor neutronice" extrem de dense

1968 Cu toate că a contribuit la construirea bombei cu hidrogen sovietice, Andrei Saharov se pronunţă în favoarea reducerii armamentului nuclear în Uniunea Sovietică şi scrie un eseu intitulat *Progres, coexistenţă şi libertate nucleară,* publicat la Londra, acţiune pentru care este eliminat din activitatea secretă şi persecutat aproape tot restul vieţii

1968 Experimentele efectuate la Stanford Linear Accelerator Center vin în sprijinul teoriei cum că hadronii sînt alcătuiţi din quarkuri.

1968 Este asasinat liderul american în problema drepturilor civile Martin Luther King Jr.

1968 Este asasinat candidatul la preşedinţie Robert F. Kennedy

1968 Guvernul liberal social-democrat din Cehoslovacia este zdrobit de trupele sovietice

1969 În Batavia, Illinois, se înfiinţează Fermilab

1969 Jonathan Beckwith şi colaboratorii săi izolează pentru prima oară o singură genă

1969 Astronauţii americani aselenizează

1970 Howard M. Temin şi David Baltimore descoperă în virusuri o enzimă numită revers-transcriptază, care determină copierea ARN-ului în ADN, un pas esenţial în dezvoltarea ingineriei genetice

1970 Har Gobind Khorana de la Universitatea din Wisconsin conduce o echipă care sintetizează complet o genă pentru prima dată, alcătuind-o direct din componentele sale chimice

1972 Murray Gel-Mann prezintă începuturile cromodinamicii cuantice (QCD), stabilind legături între quarkuri şi forţele „colorate" pe de o parte şi trei arome de quarkuri pe de altă parte

1973 Astronauţii americani andochează pe staţia spaţială *Skylab,* un laborator de observaţie solară

1973 Se naşte pentru prima oară un viţel dintr-un embrion congelat

1973 Stanley H. Cohen şi Herbert W. Boyer pun bazele ingineriei genetice, dovedind că moleculele de ADN pot fi secţionate cu ajutorul enzimelor restrictive, re-alăturate cu ajutorul altor enzime şi apoi reproduse prin introducerea lor în cromozomul bacteriei *Escherichia coli*

1973 Scandalul Watergate, care implică practici electorale lipsite de etică, afectează preşedinţia lui Richard Nixon

1973 Ia sfîrşit războiul din Vietnam

1974 Paul Berg conduce o întrunire a 139 de oameni de ştiinţă, sponsorizată de Academia Naţională de Ştiinţe a Statelor Unite şi alte 18 naţiuni; participanţii îşi exprimă îngrijorarea cu privire la viitorul ingineriei genetice

1974 Richard Nixon demisionează din funcţia de preşedinte; vicepreşedintele Gerald Ford depune jurămîntul de preşedinte şi, la scurt timp după aceasta, îl graţiază pe Nixon

1975 Într-un neobişnuit gest de cooperare, o navă spaţială americană şi una sovietică se alipesc în spaţiu în cadrul proiectului Apollo-Soiuz; membrii echipajelor se întîlnesc şi se felicită reciproc

1976 Navele spaţiale americane *Viking I* şi *Viking II* aterizează pe suprafaţa planetei Marte pentru a efectua teste care să pună în evidenţă eventuala prezenţă a vieţii, să

culeagă alte informaţii şi să trimită fotografii pe Pămînt

1976 Har Gobind Khorana şi colegii săi creează prima genă funcţională sintetică, dotată cu mecanismele reglatoare necesare

1976 Susumu Tonegawa demonstrează că anticorpii sînt formaţi prin combinaţii de grupuri de gene care se alătură între ele pe un cromozom

1976 Primul zbor supersonic efectuat cu un aparat al companiei anglo-franceze Concorde, cu viteza de 2 413 km pe oră, dublul vitezei sunetului

1977 În Statele Unite este creat Departamentul Energiei

1977 În Uniunea Sovietică este descoperit un pui de mamut, congelat de 40 000 de ani

1977 Are loc premiera filmului *Star Wars*

1978 Oamenii de ştiinţă descifrează complet structura genetică a virusului SV40

1978 Statele Unite reiau relaţiile diplomatice cu China

1979 Începe criza ostaticilor din Iran, cînd 66 de cetăţeni americani sînt ridicaţi din sediul Ambasadei americane şi ţinuţi ostatici, mulţi dintre ei fiind eliberaţi abia la 20 ianuarie 1981, după numeroase încercări de a li se obţine eliberarea

1979 Reactorul nuclear de la Three-Mile Island, Pennsylvania, ajunge la un pas de topirea miezului

1979 În urma revoluției din Nicaragua, dictatorul Anastasio Somoza Debayle este înlăturat, iar Federația Sandinistă Națională pentru Eliberare preia puterea; urmează opt ani de război civil între FSNE, condusă de Daniel Ortega, și forțele anti-gherilă finanțate de Statele Unite

1979 În urma revoluției din Iran, extremistul religios, ayatollahul Tuhollah Khomeini devine lider

1979 În Afganistan sînt trimise trupe sovietice pentru potolirea unei revolte; mai multe națiuni occidentale boicotează Jocurile Olimpice de la Moscova pentru a protesta împotriva acestei măsuri

1980 Prima publicare a fotografiei unui singur atom, fotografie făcută la Universitatea Heidelberg din Germania

1980 Charles Weissman de la Universitatea Geneva anunță producerea cu succes a interferonului uman în bacterii

1980 Paul Berg, Walter Gilbert și Frederick Sanger primesc împreună premiul Nobel pentru chimie, Berg pentru activitatea sa asupra ADN-ului recombinat, iar Gilbert și Sanger pentru metodele de cartografiere a structurii ADN-ului

1980 Erupe vulcanul Mount St. Helens din statul Washington, furnizînd noi informații geologice despre vulcani și activitățile subterane ale Pămîntului

1980 Sub conducerea lui Saddam Hussein, Irakul invadează Iranul, marcînd începutul unui război de opt ani în care au murit peste 700 000 de soldați iranieni

1980 În Polonia, Lech Walesa organizează primul sindicat muncitoresc, Solidaritatea, într-o țară din blocul sovietic

1980–81 Se anunță primele cazuri de SIDA (Sindromul Imunodeficienței Dobîndite)

1981 Alan Guth postulează că, la începuturile sale, universul a traversat o perioadă „inflaționistă" de expansiune exponențială

1981 Ostaticii americani din Iran sînt eliberați

1981 Este numită prima femeie judecător la Curtea Supremă de Justiție din Statele Unite, Sandra Day O'Connor

1982 Războiul din Falklands între Marea Britanie și Argentina

1982 Primul zbor al navetei spațiale americane

1982 Fabricarea primului CD (compact disc) player care folosește tehnologia laser pentru a reda muzică

1983 Teoria unificată electroslabă este probată prin experimente la CERN; se fac încercări de a ajunge la o teorie unificată a tuturor celor patru forțe

1983 Biologul Barbara McClintock primește premiul Nobel pentru fiziologie sau medicină pentru descoperirea genelor mobile în cromozomii de porumb

1983 Andrew W. Murray și Jack W. Szostak creează primul cromozom artificial

1983 Este izolat virusul HIV

1983 Foamete în Africa; ca urmare a mai multor ani de secetă, oamenii mor de foame în număr mare; doar în Etiopia au murit un milion de persoane în anii 1984–1985

1984 Este asasinat prim-ministrul Indiei, Indira Gandhi

1984 Alec Jeffreys descoperă tehnica de amprentare genetică folosind mostre centrale de ADN

1984 Steen A. Willadsen reuşeşte să cloneze o oaie

1984 Allan Wilson şi Russell Higuchi de la Universitatea Berkeley din California sînt primii care clonează genele unei specii dispărute

1985 Mihail Gorbaciov preia funcţia de secretar general al Partidului Comunist din Uniunea Sovietică, instituie politica de „perestroika" care presupunea ample modificări economice, şi „glasnost", o politică de transparenţă şi deschidere spre alte state, între care şi fostele adversare din războiul rece – Statele Unite, Marea Britanie, Franţa şi Germania de Vest

1985 În imaginile furnizate de sateliţi din zona de deasupra Antarcticii se observă prima oară o gaură în stratul de ozon

1986 Întreg echipajul format din şapte persoane al navetei spaţiale *Challenger* moare ca urmare a unei catastrofe

1986 Departamentul Agriculturii din Statele Unite emite prima licenţă din lume pentru comercializarea unui organism viu produs prin inginerie genetică, un virus folosit ca vaccin împotriva herpesului la porcine

1986 Uniunea Sovietică lansează Mir, prima staţie spaţială permanent locuită de pasageri umani

1986 Dictatorul haitian Jean-Claude Duvalier este înlăturat de la putere şi fuge în Franţa, punînd capăt celor 28 de ani de domnie a familiei Duvalier

1986 Ferdinand Marcos, care a impus legea marţială în Filipine începînd din 1972, este obligat să fugă din ţară împreună cu soţia sa, Imelda, după ce se declară cîştigătorul unor alegeri falsificate; Corazón Aquino preia funcţia

1986 La uzina nucleară de la Cernobîl, Uniunea Sovietică, la distanţă de 75 de kilometri faţă de Kiev, sistemul de răcire se defectează; miezul se topeşte şi din instalaţie scapă un nor radioactiv. S-au înregistrat 30 de morţi imediat, un număr mare de persoane fiind afectate de cancer ca urmare a radiaţiilor. Guvernul sovietic încearcă să sigileze reactorul îngropîndu-l sub beton

1987 Experimentele pe bază de descompunere

protonică efectuate în Statele Unite şi Japonia detectează particule neutrino emise de o supernova din Marele Nor Magellan, deschizînd drumul astronomiei observaţionale neutrinice.

1988 Sînt detectaţi quasari în apropierea avanposturilor universului observabil; deplasările lor spre roşu reprezintă indiciul că aceştia călătoresc în spaţiu de circa 17 miliarde de ani

1989 Sonda Cosmic Background Explorer (COBE) este lansată de pe o navetă spaţială cu misiunea de a detecta radiaţiile cosmice de fundal

1989 Henry A. Ehrlich anunţă o metodă prin care se poate identifica (sau cel puţin exclude) un individ cu ajutorul ADN-ului dintr-o singură şuviţă de păr

1989 Ya-Ming Hou şi Paul Schimmel descoperă cum să decodifice o parte a codului genetic găsit în ARN-ul de transfer

1989 Mitingul pentru democraţie din China la care participă zeci de mii de studenţi este zdrobit într-o confruntare sîngeroasă în Piaţa Tiananmen din Beijing

1989 Revoluţie sîngeroasă în România

1989 Este dărîmat Zidul Berlinului

1989 Demonstraţiile din Ungaria, Polonia, Albania şi Bulgaria duc la reforme în aceste ţări

1989 Slăbirea controlului exercitat de regimul comunist în Iugoslavia determină izbucnirea unor violenţe etnice

1990 Este lansat Telescopul Spaţial Hubble

1990 Are loc reunificarea Germaniei; se desfăşoară primele alegeri democratice pe întreg teritoriul german după 1932

1990 Irakul invadează Kuweitul

1991 Observatorul Gamma Ray este lansat de pe naveta spaţială *Atlantis*

1991 Nava spaţială *Galileo* fotografiază Gaspra – prima fotografie a unui asteroid făcută vreodată în spaţiu

1991 În Africa de Sud este abolită politica de apartheid

1991 În urma operaţiunii „Desert Storm", o acţiune militară multinaţională, Irakul se retrage din Kuweit

1991 Este asasinat Rajiv Gandhi, care i-a urmat mamei sale în funcţia de prim-ministru al Indiei

1991 Uniunea Sovietică se dezmembrează după ce preşedintele Gorbaciov demisionează

1992 Membrii echipei ştiinţifice COBE anunţă că au fost detectate „valuri" ale radiaţiilor cosmice de fundal

1993 Decembrie: Două grupuri de cercetători

anunţă identificarea genei care determină cancerul de colon

1994 Apar dovezi consistente în favoarea existenţei quarkului „top" descoperit la Fermi National Accelerator Laboratory

GLOSAR

ADN (acid dezoxiribonucleic) Un acid nucleic care reprezintă principalul constituent al cromozomilor din celulele vii; molecula constă din două lanţuri lungi de unităţi formate din fosfaţi şi zaharuri, răsucite în forma unui dublu helix cu baze azotate între ele (adenină, timină, guanină şi citozină), legate prin punţi de hidrogen; succesiunea acestor baze determină caracterele creditare individuale.

ARN (acid ribonucleic) Existent în toate celulele vii, ARN este alcătuit dintr-un singur lanţ de grupări fosfatice alternînd cu riboză, de riboză legîndu-se bazele azotate adenină, guanină, citozină şi uracil. Structura şi succesiunea acestor baze azotate în lanţ determină sinteza proteică.

atom Cea mai mică unitate chimică a unui element, care constă dintr-un nucleu dens, încărcat pozitiv, înconjurat de electroni încărcaţi negativ. Gînditorul grec Leucip şi discipolul lui, Democrit, au conceput primii ideea de atom, în secolul al V-lea î.Hr., ca fiind cea mai mică particulă în care poate fi descompusă materia. (Cuvîntul *atom* provine din grecescul *atomos,* care înseamnă „indivizibil"). Dar în anii 1890 şi începutul secolului al XX-lea oamenii de ştiinţă au descoperit că atomul este alcătuit din particule şi mai mici, strîns legate între ele.

barion Element al unui grup de particule fundamentale care, teoretic, sînt formate prin alipirea a trei quarkuri. (Termenul provine din grecescul *barys*, care înseamnă „greu"). Categoria barionilor cuprinde protonii, neutronii şi mai multe particule cunoscute sub numele de hiperoni (lambda, sigma, xi şi omega), care au o durată de viaţă foarte scurtă şi se dezintegrează în nucleoni şi mezoni sau alte particule mai uşoare. Pentru fiecare barion există un anti-barion.

cromodinamica cuantică (QCD) Teoria care explică forma nucleară puternică (transportată de particulele numite gluoni) din perspectiva efectului ei de a lega particulele subatomice numite quarkuri în diferite configuraţii, pentru a forma particulele care se găsesc în nucleul atomului. Conform QCD, protonii, neutronii şi antiparticulele corespunzătoare sînt alcătuite din trio-uri de quarkuri, în timp ce mezonii sînt alcătuiţi dintr-un quark şi un antiquark.

cromozom Un corpuscul linear existent în nucleul tuturor celulelor vegetale şi animale, responsabil pentru determinarea şi transmiterea caracterelor ereditare.

cuantă Unitate fundamentală sau „pachet" de energie

electrodinamica cuantică (QED) În anii '20 şi '30, Paul Dirac, Werner Heisenberg şi Wolfgang Pauli au propus un set de ecuaţii care explică forţa electromagnetică din perspectiva naturii cuantice a fotonului. Acest set de ecuaţii, continuate de Richard Feynmann şi alţii, au furnizat explicaţia teoretică a interacţiunilor radiaţiei electromagnetice cu atomii şi electronii lor şi a ajuns să se numească electrodinamică cuantică, sau QED. QED reuşeşte să combine fizica clasică cu teoria

cuantică, explicînd reacţiile chimice şi multe alte comportamente observabile ale materiei şi, în acelaşi timp, cuprinzînd teoriile electromagnetismului clasic.

forţa nucleară slabă Una dintre cele patru interacţiuni fundamentale existente în natură, care acţionează numai la nivel subatomic. Forţa nucleară slabă este forţa asociată cu dezintegrarea radioactivă şi, împreună cu forţa electromagnetică, leagă leptonii (inclusiv electronii şi muonii).

forţa nucleară tare Una dintre cele patru interacţiuni fundamentale existente în natură, care acţionează doar la nivel subatomic; forţa nucleară puternică leagă între ele particulele din nucleu cunoscute sub numele de hadroni: neutronul, protonul, particulele instabile numite hiperoni şi mezonii (dintre care unele există doar ca particule „virtuale").

foton „Pachetul" care transportă forţa electromagnetică, avînd proprietăţi atît de particulă, cît şi de undă.

genă O unitate ereditară plasată pe un loc fix pe un cromozom şi care are o influenţă specifică asupra constituţiei fizice a unui organism viu. Gena poate să sufere mutaţii în diferite forme.

gluon Termenul folosit pentru a descrie „lipiciul" sau minuscula particulă transportoare care mediază forţa puternică, legînd unele de altele particulele subatomice numite quarkuri care alcătuiesc nucleul atomului (protoni, neutroni, mezoni şi aşa mai departe). S-a emis teoria că există opt forme de gluoni.

GUT (Grand Unification Theory, Marea Teorie a Unificării) O teorie unificată a cîmpurilor care încearcă să explice toate interacţiunile fundamentale (gravitaţie, electro-

magnetism, forţa nucleară tare şi slabă) sub cupola unei singure teorii. Deşi nimeni nu a reuşit pînă acum să găsească o teorie satisfăcătoare, căutarea ei continuă.

hadron Un element dintr-un grup de particule fundamentale care iau parte la toate cele patru interacţiuni fundamentale. Hadronii sînt alcătuiţi din quarkuri.

hominid Un membru al familiei de primate bipede care cuprinde mai multe specii umane, atît dispărute cît şi existente, între care *Australopithecus, Homo erectus* şi *Homo sapiens.*

Homo erectus Numele de gen şi specie atribuit omului de Java descoperit de Eugen Dubois, omului de Pekin şi altor fiinţe umane dispărute, asemănătoare cu maimuţa. Mare (înalt de un metru optzeci), cu arcade zigomatice pronunţate şi cu un creier avînd o jumătate pînă la două treimi din mărimea creierului omului modern, *Homo erectus* a trăit acum 0,5 – 1,6 milioane de ani.

interacţiune fundamentală Una dintre cele patru forţe existente în natură: gravitaţie, electromagnetism, forţă nucleară tare şi forţă nucleară slabă. Oamenii le cunosc pe primele două de mult timp, întrucît acţionează pe distanţe mari şi sînt uşor de observat; dar forţa tare şi cea slabă au fost descoperite abia în secolul al XX-lea, efectele lor avînd loc la nivel subatomic.

lepton O clasă de particule fundamentale guvernate de interacţiunea slabă şi care nu sînt afectate de interacţiunea puternică; există 12 leptoni cunoscuţi: electronul, electronul neutrino, muonul, muonul neutrino, tao, tao neutrino şi antiparticulele lor.

mezon O particulă subatomică fundamentală din clasa hadronilor (formată, conform teoriilor actuale, dintr-un

quark şi antiquarkul corespunzător). Un tip de existenţă a mezonului a fost iniţial sugerat de către Hideki Yukawa din Japonia, în 1935, pentru a explica cum sînt legate particulele nucleului între ele; acest mezon, cunoscut sub denumirea de pi mezon sau pion, a fost descoperit în 1947; de atunci au mai fost descoperiţi şi alţii.

muon O particulă existentă în razele cosmice. Muonul este clasificat în categoria leptonilor deoarece nu pune în evidenţă interacţiunea puternică; atunci cînd se dezintegrează un muon, rezultă un electron şi o pereche de neutrino.

mutaţie Orice modificare dintr-un organism viu care poate fi moştenită, fiind transmisă de o genă sau un grup de gene.

nucleon Un proton sau neutron.

particulă fundamentală O particulă subatomică indivizibilă; membră a unuia dintre grupurile de particule denumite quarkuri şi leptoni.

planetezimal Materialul constitutiv din care se formează planetele.

QCD (Vezi cromodinamica cuantică)

QED (Vezi electrodinamica cuantică)

quark În fizica nucleară, o particulă subatomică, considerată particulă nucleară fundamentală din care sînt alcătuiţi toţi hadronii. Potrivit teoriei, quarkurile există doar grupaţi cîte doi sau cîte trei, ţinuţi laolaltă de gluon, purtătorul forţei tari. Există şase tipuri de quarkuri, cunoscuţi ca „arome"; cele şase arome pot avea de asemenea una dintre cele trei „culori". Deşi quarkurile pot avea proprietăţi care-i fac invizibili, există suficiente

dovezi ale existenței lor încît majoritatea oamenilor de știință să accepte teoria.

radiație cosmică Un flux de radiație ionizantă care pătrunde din spațiul cosmic în atmosfera Pămîntului și particulele (în principal muoni) produse în urma ciocnirii acestor particule cu moleculele stratosferei. Razele sînt alcătuite din nuclee atomice cu energie înaltă, muoni, unde electromagnetice și alte forme de radiație.

subatomic Termen care descrie unitățile constitutive ale atomului.

timp de înjumătățire Timpul necesar pentru ca jumătate din nucleele dintr-o anumită cantitate de izotop radioactiv să se dezintegreze într-un alt izotop sau element. Cu alte cuvinte, după trecerea unui interval de timp egal cu timpul de înjumătățire, jumătate din cantitatea originală de element radioactiv va fi transformată în alt element. Timpii de înjumătățire pentru diferiți izotopi variază de la cîteva milionimi de secundă la mai multe miliarde de ani.

virus Un agent patogen minuscul alcătuit dintr-un miez de acid nucleic înconjurat de un înveliș proteic. Este capabil să se replice singur, dar numai în prezența unei celule vii și produce îmbolnăvirea invadînd și distrugînd celulele vii, și producînd eliberarea unui mare număr de particule identice cu cea inițială.

BIBLIOGRAFIE SUPLIMENTARĂ

CĂRȚI DESPRE ȘTIINȚĂ ÎN GENERAL:

Cole, K. C. *Sympathetic Vibrations: Reflections on Physics as a Way of Life*. New York: William Morrow and Co., 1985. O privire foarte interesantă, bine scrisă și cu un stil alert, asupra fizicii, prezentată într-o manieră bine gîndită și plină de indicii prețioase de către o autoare care își îndrăgește subiectul. Se pune accentul îndeosebi pe fizica modernă, autoarea concentrîndu-se mai mult asupra ideilor decît asupra istoriei.

Gardner, Martin. *Fads and Fallacies in the Name of Science*. New York: New American Library, 1986 (retipărire a ediției din 1952). O analiză clasică a pseudoștiinței realizată de maestrul demistificator. Include secțiuni despre credințele pseudoștiințifice din secolul al XIX-lea.

Gonick, Larry și Art Huffman. *The Cartoon Guide to Physics*. New York: Harper Perennial, 1991. Amuzantă, dar uneori abordarea de foarte bună calitate trece parcă prea repede pe lîngă subiecte importante.

Hann, Judith. *How Science Works*. Pleasantville, N.Y.: Reader's Digest Association, Inc.,1991. O carte alertă, frumos ilustrată despre fizică, pentru tinerii cititori. Explicații scurte, dar bine formulate ale legilor fundamentale și scurte note istorice însoțesc numeroase experimente ușoare pe care cititorii le pot efectua singuri.

Hazen, Robert K. şi James Trefil. *Science Matters: Achieving Scientific Literacy*. New York: Doubleday, 1991. O privire generală clară şi uşor de citit asupra principiilor de bază ale ştiinţei şi a modului cum se aplică ele ştiinţei din zilele noastre.

Holzinger, Philip R. *The House of Science*. New York: John Wiley & Sons, 1990. Discuţii alerte sub formă de întrebări şi răspunsuri pentru tinerii adulţi. Cuprinde activităţi şi experimente.

CĂRŢI DESPRE ŞTIINŢELE FIZICE (1946 – 2000):

Ferris, Timothy. *The World Treasury of Physics, Astronomy and Mathematics*. Boston: Little, Brown, 1991. Scrieri istorice, eseuri, poezii. O minunată antologie, destinată atît studenţilor de la facultăţile de ştiinţe fizice, cît şi marelui public, o carte care poate fi oferită şi scepticilor care susţin că ştiinţa privează viaţa de poezie.

Despre fizică, fizica particulelor şi fizica cuantică

Boorse, Henry A., Lloyd Motz şi Jefferson Hane Weaver. *The Atomic Scientists: A Biographical History*. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1989. Abordare interesantă a istoriei ştiinţei atomice. Dezvoltarea este urmărită printr-o serie de biografii succinte, dar lucide ale principalelor personalităţi. Lectura poate fi puţin cam dificilă fără o oarecare pregătire.

Crease, Robert P. şi Charles C. Mann. *The Second Creation: Makers of Revolution in 20th-Century Physics*. New York: Macmillan Publishing Co., 1986. Un studiu temeinic, bine realizat, dar uneori o lectură cam greoaie pentru cititorul neavizat.

Einstein, Albert. *Out of My Later Years*. New York: Philosophical Library, 1950. Eseuri despre ştiinţă, omenire, politică şi viaţă scrisă de gînditorul Einstein.

Fames, Patricia şi G. Kass-Simon, eds. *Women of Science: Righting the Record*. Bloomington: Indiana University Press, 1990. Profiluri scurte, de două-trei pagini, ale unor femei cu contribuţii în arheologie, geologie, astronomie, matematici, inginerie, fizică, biologie, ştiinţe medicale, chimie şi cristalografie. Scrisă de savanţi, cartea oferă o bogăţie de informaţii şi atrage atenţia asupra faptului că numărul femeilor care au avut merite în ştiinţă este mai mare decît se crede în general.

Feinberg, Gerald. *What Is the World Made Of?: Atoms, Leptons, Quarks and Other Tantalizing Particles*. New York: Doubleday, 1977. O bună lucrare de nivel mediu despre fizica particulelor. Se ocupă mai mult de procesele fizice decît de istorie sau de perspectiva istorică. Pe alocuri, uşor depăşită.

Feynman, Richard P. *The Feynman Lectures on Physics*, 3 volumes. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1963. Dificilă pentru orice cititor, în afară de studenţii de nivel superior, dar seria celor trei volume este minunată, iar Feynman se întrece pe sine.

— QED: *The Strange Theory of Light and Matter*. Princeton: Princeton University Press, 1983. O lucrare scrisă lucid, vioi şi accesibilă tuturor celor interesaţi. Un exemplu elegant al unei minţi originale şi de mare clasă care abordează un subiect fascinant şi dificil.

Glashow, Sheldon L. *Interactions: A Journey Through the Mind of a Particle Physicist and the Matter of This*

World. New York: Warner Books, 1988. Parţial autobiografic, parţial istoria ştiinţei, întreaga carte poartă amprenta puternicului ego al lui Glashow. Suficient de fermecătoare ca să-l ajute pe cititor să digere şi părţile mai dificile – atît personale, cît şi ştiinţifice – şi o analiză interesantă privind viaţa şi în special tinereţea unuia dintre cei mai importanţi fizicieni ai secolului al XX-lea.

Gleick, James. *Genius: The Life and Science of Richard Feynman*. New York: Pantheon Books, 1992. O neobişnuit de perceptivă privire asupra uneia dintre cele mai originale minţi ale fizicii moderne, scrisă cu inteligenţa unui maestru al scrierilor cu caracter ştiinţific.

Han, M. Y. *The Secret Life of the Quanta.* Blue Ridge Summit, Pa.: Tab Books, 1990. Ocupîndu-se mai mult de aspectele practice ale fizicii cuantice, autorul se străduieşte să explice modul în care cunoştinţele despre cuante ne permit să construim dispozitive de înaltă tehnologie precum computerele, laserele şi tomografele, şi asta fără a neglija teoria şi aspectele bizare ale acestui subiect.

Han, M. Y. *The Probable Universe.* Blue Ridge Summit, Pa.: Tab Books, 1993. Han aprofundează subiectul tratat în cartea sa anterioară, *Secret Life of the Quanta,* descriind de data asta misterele şi controversele, precum şi succesele teoretice şi tehnologice ale fizicii cuantice.

Hazen, Robert K., şi James Trefil. *Science Matters: Achieving Scientific Literacy.* New York: Doubleday, 1991. Include o discuţie scurtă, dar interesantă despre relativitate şi fizica cuantică.

Hazen, Robert. *The Breakthrough: The Race for the Superconductor.* New York: Summit Books Simon and Schuster, 1988. O relatare directă, fără fasoane, bine închegată, chiar dacă nu întotdeauna incitantă.

Herbert, Nick. *Quantum Reality: Beyond the New Physics.* Garden City, N.Y.: Anchor Press, 1985. În această carte Herbert se joacă cu paradoxurile teoriei cuantice şi reuşeşte să realizeze o analiză extrem de captivantă şi provocatoare din punct de vedere intelectual a unor aspecte neobişnuite ale fizicii cuantice. Foarte uşor de citit.

Hoffmann, Banish. *The Strange Story of the Quantum.* New York: Dover Publications, 1959. O nouă viziune clasică asupra naşterii şi implicaţiilor fizicii cuantice, oferită de un autor rasat şi autoritar. Chiar dacă nu la fel de captivantă ca unele tentative mai recente de tratare a subiectului, lucrarea se remarcă prin claritate şi coeziune. Trebuie menţionat totuşi că a fost prima oară publicată în 1959, prin urmare o parte din material este uşor depăşit.

Holton, Gerald. *Thematic Origins of Scientific Thought,* ediţie revăzută. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1988. Un studiu interesant, dar poate fi dificil de citit fără o pregătire corespunzătoare.

Jones, Roger S. *Physics for the Rest of Us.* Chicago: Contemporary Books, 1992. O discuţie interesantă, ne-matematică despre relativitate şi teoria cuantică, alături de discuţii despre modul cum aceste domenii ale cunoaşterii ne influenţează viaţa şi filozofia.

Lamer, Max. *Conceptual Development of Quantum Mechanics.* New York: McGraw-Hill, 1966. Un studiu de

calitate superioară, dar greu de digerat fără o familiarizare prealabilă cu subiectul

Lederman, Leon M. şi David N. Schramm. *From Quarks to the Cosmos: Tools of Discovery.* New York: Scientific American Library, 1989. Sînt trecuţi în revistă nu numai teoreticienii, ci şi experimentatorii şi experienţele care au întregit înţelegerea atomului. Bine alcătuită şi uşor de citit.

Lederman, Leon, with Dick Teresi. *The God Particle: If the Universe Is the Answer, What Is the Question?* New York: Houghton Mifflin, 1993. O privire personală, vioaie şi plină de umor asupra istoriei fizicii şi a fizicii particulelor. Uşor de citit, lucidă şi bogată în informaţii.

McCormmach, Russell. *Night Thoughts of a Classical Physicist.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982. Un roman fascinant despre mintea şi emoţiile unui fizician german de la începutul secolului al XX-lea care încearcă să înţeleagă transformările tulburătoare din fizică şi din lumea înconjurătoare.

Miller, Arthur I. *Imagery in Scientific Thought.* Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1986. O analiză istorică şi filozofică a dezvoltării gîndirii în fizică. Uşor abstractă pentru cititorul neavizat.

Morris, Richard. *The Nature of Reality.* New York: McGraw-Hill, 1987. O analiză pragmatică, critică şi uşor de citit a direcţiei spre care se îndreaptă fizica contemporană

Morris, Richard. *The Edges of Science: Crossing the Boundary from Physics to Metaphysics.* New York:

Prentice-Hall, 1990. O analiză pragmatică şi critică a problemelor curente din fizică.

Morris, Richard. *The Nature of Reality.* New York: McGraw-Hill Book Company, 1987. O analiză pragmatică şi pătrunzătoare a diferitelor interpretări filozofice şi ştiinţifice ale fizicii şi cosmologiei moderne.

Pagels, Heinz R. *The Cosmic Code: Quantum Physics as the Language of Nature.* New York: Simon and Schuster, 1982. O lucrare de referinţă despre istoria şi problemele fizicii cuantice. Scrisă sclipitor şi uşor de citit, oferă o imagine clară a unora dintre paradoxurile cuantice.

Pais, Abraham. *Inward Bound: Of Matter and Forces in the Physical World.* Oxford: Clarendon Press, 1986. Un studiu foarte bine alcătuit, dar nu întotdeauna uşor de citit.

Peat, David F. *Einstein's Moon: Bell's Theorem and the Curious Quest for Quantum Reality.* Chicago: Contemporary Books, Inc., 1990. Un studiu popular despre cîteva dintre principalele paradoxuri ale teoriei cuantice.

Riordan, Michael. *The Hunting of the Quark: A True Story of Modern Physics.* New York: Simon and Schuster, 1987. O istorie vie şi captivantă, destinată marelui public.

Segrè, Emilio. *From X-Rays to Quarks: Modern Physicists and Their Discoveries.* San Francisco: W. H. Freeman and Co., 1980. Un studiu de calitate, uneori greoi.

Shapiro, Gilbert. *A Skeleton in the Darkroom: Stories of Serendipity in Science.* San Francisco: Harper & Row,

1986. Relatări captivante ale unor descoperiri ştiinţifice, inclusiv descoperirea radiaţiei cosmice de fond din domeniul microundelor, descoperirea mezonului J/Psi, evoluţia ipotezei privind impactul cu o cometă sau un asteroid şi descoperirea pulsarilor.

Von Baeyer, *Hans Christian. Taming the Atom.* New York: Random House, 1992. O analiză bine scrisă, uşor de citit şi actualizată a istoriei şi dezvoltării fizicii atomice. Autorul analizează totodată şi cele mai recente evoluţii din domeniu şi tentativele actuale şi viitoare menite să clarifice misterele universului cuantic.

Weinberg, Steven. *The Discovery of Subatomic Particles.* New York: Scientific American Library (An imprint of W. H. Freeman and Co.), 1983.

Weisskopf, Victor F. *The Joy of Insight: Passions of a Physicist.* New York: Basic Books, 1991. Amintiri personale încîntătoare relatate de un fizician înţelept, care i-a cunoscut direct pe mulţi dintre pionierii fizicii cuantice.

Weisskopf, Victor F. *The Privilege of Being a Physicist.* New York: W. H. Freeman and Co., 1989. Amintiri şi gînduri răzleţe aşternute pe hîrtie de un fizician respectat.

Despre astronomie şi cosmologie:

Bartusiak, Marcia. *Through a Universe Darkly.* New York: HarperCollins, 1993. O sclipitoare relatare a istoriei universului aşa cum o cunoaştem noi acum şi povestea oamenilor care au dezvăluit-o.

Bosloughh, John. *Masters of Time: Cosmology at the End of Innocence.* Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1992. O foarte bună analiză critică a problemelor curente din cosmologie şi o privire severă asupra cercetărilor teoretice actuale în căutarea marilor răspunsuri.

Ferris, Timothy. *Coming of Age in the Milky Way.* New York: William Morrow, 1988. O relatare captivantă, uşor de citit despre unele dintre marile descoperiri ale ştiinţei, de la grecii antici pînă în prezent. Autorul exprimă o profundă apreciere pentru frumuseţea ştiinţei şi contribuţiile acesteia la cultura modernă. Include discuţii despre teoria Big Bang-ului, SETI, teoriile lui Guth şi alte domenii ale cosmologiei moderne.

Hawking, Stephen. *Brief History of Time.* New York: Bantam Books, 1988. Această analiză personală lucidă şi captivantă a imaginii de ansamblu a fizicii moderne, scrisă de strălucitul savant Stephen Hawking, a devenit un best-seller în 1988.

Lightman, Alan şi Roberta Brawler, eds. *Origins: The Lives and Worlds of Modern Cosmologists.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1990.

Overbye, Dennis. *Lonely Hearts of the Cosmos.* New York: HarperCollins, 1991. O lectură foarte plăcută despre bărbaţii şi femeile din avangarda cosmologiei moderne.

CĂRŢI DESPRE ŞTIINŢELE VIEŢII (1946 – 2000)

Asimov, Isaac. *A Short History of Biology.* Garden City, N.Y.: The Natural History Press, 1964. O scurtă prezentare a

descoperirilor din biologie din cele mai vechi timpuri pînă în anii '60, scrisă într-un stil clar, direct.

Chase, Allan. *Magic Shots.* New York: William Morrow and Company, Inc., 1982. Povestea căutării vaccinurilor pentru prevenirea bolilor infecţioase din secolele XIX şi XX, de la vaccinul antivariolic al lui Edward Jenner pînă la vaccinurile polio, şi cercetările curente privind un vaccin împotriva cancerului.

Facklam, Margery şi Howard Facklam. *Healing Drugs: The History of Pharmacology.* New York: Facts On File, 1992. Lucrare de referinţă, cartea conţine relatări despre Paul Ehrlich şi glonţul său magic, despre Best şi Banting şi despre descoperirea insulinei, descoperirea penicilinei de către Fleming, precum şi alte cercetări mai recente în domeniul medicamentelor.

Kornberg, Arthur. *For the Love of Enzymes: The Odyssey of a Biochemist.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1989. Unul dintre cei mai importanţi biologi ai vremii noastre descrie cadrul ştiinţific al recentelor progrese din biologie ca fundal pentru relatarea autobiografică a propriei activităţi semnificative.

Moore, John A. *Science As a Way of Knowing: The Foundations of Modern Biology.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1993. O istorie culturală a biologiei, precum şi o încîntătoare prezentare a procedeelor şi valorilor ştiinţei, scrisă de un biolog reprezentant de frunte al curentului evoluţionist. Lipsită de terminologie tehnică şi uşor de citit, constituie o lectură excelentă pentru un nespecialist care doreşte să afle mai multe despre cum au luat fiinţă biologia moleculară modernă, ecologia şi biotehnologia.

Shorter, Edward, Ph.D. *The Health Century: A Companion to the PBS Television Series.* New York: Doubleday, 1987. O relatare nepretenţioasă a strădaniilor pentru găsirea elementelor esenţiale care să ducă la o sănătate mai bună a oamenilor, fixată în contextul social al epocii.

Despre genetică şi ADN:

Bishop, Jerry E. şi Michael Waldholz. *Genome.* New York: Touchstone Simon and Schuster, 1990. Povestea încercărilor eroice de a definitiva harta tuturor genelor din corpul omenesc. Relatată ca un roman de aventuri şi populată cu numeroase personaje interesante. Foarte uşor de citit şi antrenantă.

Crick, Francis. *What Mad Pursuit: A Personal View of Scientific Discovery.* New York: Basic Books, Inc., 1988. Crick rememorează descoperirea structurii ADN-ului şi îmbină amintirile cu o poveste despre ştiinţă, experiment şi teorie, mai ales în domeniul biologiei şi îndeosebi al biologiei moleculare. O lectură fascinantă.

Keller, Evelyn Fox. *A Feeling for the Organism: The Life and Work of Barbara McClintock.* New York: W. H. Freeman, 1983. O biografie neobişnuit de profundă a unui savant cu un acut spirit de independenţă şi a operei acestuia, precum şi o analiză interesantă a modului în care „se face" ştiinţa. Keller, care are o pregătire solidă în fizica teoretică şi biologia moleculară, aduce o pătrunzătoare înţelegere asupra dinamicii ştiinţei în relatarea ei despre această extraordinară geneticiană nonconformistă.

McCarty, Maclyn. *The Transforming Principle: Discovering That Genes Are Made of DNA*. New York: W. W. Norton and Company, 1985. O relatare la persoana întîi scrisă de unul dintre cei trei savanţi care în 1944 au descoperit că ADN-ul este chiar materialul genetic, dînd astfel naştere biologiei moleculare şi geneticii moderne.

Moore, Ruth. *The Coil of Life: The Story of the Great Discoveries in the Life Sciences*. New York: Alfred A. Knopf, 1961. O relatare palpitantă a evenimentelor care au condus la descoperirea structurii ADN în anii '50.

Newton, David E. *James Watson and Francis Crick: Discovery of the Double Helix and Beyond*. (Makers of Modern Science Series.) New York: Facts On File, 1992. Scrisă pentru cititorii tineri, această dublă biografie reconstituie drumurile urmate de Watson şi Crick în anii palpitanţi cînd, lucrînd în echipă, au descoperit structura ADN, şi totodată explorează activitatea lor ulterioară, cînd au lucrat separat.

Portugal, Franklin H. şi Jack S. Cohen. *A Century of DNA*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1977. O analiză minuţioasă a contextului care a dus la descoperirea rolului jucat de ADN în mecanismele ereditare.

Watson, James D. şi John Tooze. *The DNA Story: A Documentary History of Gene Cloning*. San Francisco: W. H. Freeman and Co., 1981. O privire neconvenţională şi foarte convingătoare asupra istoriei cercetărilor legate de ADN, redată cu ajutorul tăieturilor din ziare, al corespondenţei personale, al documentelor oficiale şi al naraţiunii. Bine concepută şi interesantă, dar

solicită o pregătire ştiinţifică din partea cititorului pentru ca el să poată privi dintr-o perspectivă uniformă toate elementele informaţionale.

Watson, James D. *The Double Helix*. New York: Atheneum, 1968. O relatare devenită acum clasică cu privire la cercetările asupra structurii ADN-ului, la fel de captivantă acum ca şi atunci cînd a fost scrisă.

Despre evoluţionism:

Eldridge, Niles. *Life Pulse: Episodes from the Story of the Fossil Record*. New York: Facts On File, 1987. Cam greoaie şi aridă, dar merită efortul de a fi citită, fiind recomandată studenţilor serioşi.

Milner, Richard. *The Encyclopedia of Evolution*. New York: Facts On File, 1990. Este exact ceea ce anunţă şi titlul – o enciclopedie scrisă într-un stil alert şi neprotocolar, fiind o adevărată bucurie să o consulţi în scopul unor cercetări sau pur şi simplu să o răsfoieşti pentru petrecerea timpului într-un mod util şi plăcut. Plină de surprize, inclusiv descrieri ale unor filme realizate pe această temă şi multe ciudăţenii mai puţin cunoscute.

Reader, John. *The Rise of Life*. New York: Alfred A. Knopf, 1986. O carte de popularizare care tratează originea şi evoluţia nu numai a fiinţelor umane, dar şi a tuturor formelor de viaţă. Foarte bine concepută.

Despre cercetările privind originea omului:

Burenhult, Goren, gen. ed. *The First Humans: Human Origins and History to 10,000 BC*. Volumul 1 al seriei Landmark editată de Muzeul American de Istorie Naturală. New York: HarperSanFrancisco (A Division

of HarperCollins Publishers), 1993. Excelent organizată, editată şi ilustrată. Diagrame, hărţi şi ilustraţii, toate îmbinate cu o naraţiune captivantă, dau laolaltă o lucrare actuală şi indispensabilă pentru orice bibliotecă personală sau şcolară.

Lambert, David şi Diagram Group. *The Field Guide to Early Man*. New York: Facts On File, 1987. Un „manual" bine conceput şi atent ilustrat despre toate aspectele strămoşilor omului. O carte excelentă pentru informare sau pentru petrecerea utilă a timpului liber. Uşor de citit şi fascinantă.

Lewin, Roger. *Bones of Contention: Controversies in the Search for Human Origins*. New York: Simon and Schuster, 1987. Deşi se ocupă mai ales de controversele şi evoluţiile din a doua jumătate a secolului al XX-lea, această carte conţine un material informativ util cu privire la căutarea originilor omului în perioada cuprinsă între anii 1895 şi 1945.

Spencer, Frank. *Piltdown: A Scientific Forgery*. London: Natural History Museum Publications, Oxford University Press, 1990. O analiză exhaustivă, dar uşor de citit privind „afacerea Piltdown" şi descoperirea acesteia. Sînt amintiţi toţi cei implicaţi în această mare păcăleală, inclusiv cei mai probabili suspecţi. Ilustraţii şi fotografii rare dau viaţă poveştii. O lectură obligatorie pentru toţi cei interesaţi de ştiinţă şi de misterul de la Piltdown.

Willis, Delta. *The Hominid Gang: Behind the Scenes in the Search for Human Origins*. Cu o introducere de Stephen Jay Gould. New York: Viking, 1989. O analiză

fascinantă cu privire la felul în care Richard Leakey şi echipa sa de specialişti au făcut cercetări de antropologie în Africa, consemnată cu un ochi critic de fotoreporterul Delta Willis.

Cuprins

Metoda ştiinţifică 5
Introducere: Din 1946 pînă în ultimul deceniu al secolului
al XX-lea: Căutarea continuă 12

Partea I. Ştiinţele fizice 23
1. Lumea subatomică: Un imens furnicar de particule 25
2. Tărîmul quarkurilor 56
3. Stele, galaxii, universul şi cum a început totul 80
4. Explorarea sistemului solar 121
5. Misiune către planeta Pămînt 160

Partea a II-a. Ştiinţele vieţii 181
6. Arhitecţii vieţii: proteinele, ADN-ul şi ARN-ul 183
7. Originile şi graniţele vieţii: de la supa primordială
8. De unde au venit oamenii? Căutarea continuă 233

Epilog 252

Cronologie 254

Glosar 273

Bibliografie suplimentară 279